การพัฒนาการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้โดยใช้หุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา

Development of Tangible Programming using Robot for Elementary School Students

ธนวัฒน์ สุขแก้ว

รัฐศักดิ์ ประชุมรักษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้โดยใช้หุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา

Development of Tangible Programming using Robot for Elementary School Students

ผู้จัดทำ

1. นายธนวัฒน์ สุขแก้ว รหัสนักศึกษา 63015069

2. นายรัฐศักดิ์ ประชุมรักษ์ รหัสนักศึกษา 63015149

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ธนา หงษ์สุวรรณ)

_____อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผศ. ดร. ชมพูนุท เต็งเจริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้โดยใช้หุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา

นายธนวัฒน์ สุขแก้ว 63015069

นายรัฐศักดิ์ ประชุมรักษ์ 63015149

ผศ. ธนา หงษ์สุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ดร. ชมพูนุท เต็งเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการสอนให้เด็กเรียนรู้การเขียนโปรแกรมนั้นเป็นสิ่งสำคัญ เพราะ จะช่วยให้เด็กสามารถวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนได้ และเสริมสร้างพัฒนาการให้เด็กมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาอย่าเป็นลำดับขั้นตอน และเสริมสร้างความมั่นใจในเทคโนโลยี ซึ่งมีความสำคัญมากในปัจจุบัน แต่ภาษาคอมพิวเตอร์มีความซับซ้อนและยากเกินไปสำหรับเด็ก

โครงงานการพัฒนาการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้โดยใช้หุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา มีจุดประสงค์เพื่อสร้างหุ่นยนต์สำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมมแบบจับต้องได้โดยใช้หุ่นยนต์ เพื่อให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้ และ ให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาเข้าใจในการเขียนโปรแกรมมากยิ่งขึ้น โดยจะใช้หุ่นยนต์ในการเขียนโปรแกรม ทำให้เด็กได้วิเคราะห์และได้ความรู้ในด้านการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Tangible Programming using Robot for Elementary School Students

Mr. Tanawat Sukkaew 63015069

Mr. Rattasak Prachumrak 63015149

Asst. Prof. Thana Hongsuwan Advisor

Asst. Prof. Dr. Chompoonuch Tengcharoen Co-Advisor

Academic Year 2022

ABSTRACT

At present, teaching children to learn programming is important because it allows children to analyze problems step by step. and fostering the development of children's creativity Able to analyze problems step by step and building confidence in technology. which is very important now a days. but computer languages are too complex and difficult for children.

A project to develop tangible programming learning using robots for elementary school students. The purpose is to create robots for learning tangible programming using robots. for elementary school students to learn tangible programming and for elementary school students to understand programming more It uses robots to write programs. Make children analyze and gain knowledge in programming.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายทั้งในทางตรงและทางอ้อม ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จไม่ได้หากปราศจากความช่วยเหลือของบุคคลเหล่านี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ธนา หงษ์สุวรรณ และ ผศ. ดร. ชมพูนุท เต็งเจริญ ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาและคอยชี้แนะนำข้อคิดเห็น แนวทางปฏิบัติ ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ พร้อมให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทางด้านเอกสาร ข้อมูลทางเทคนิค และอุปกรณ์ในการจัดทำชิ้นงาน ซึ่งทำให้การทำงานต่างๆ เป็นไปได้ด้วยดี และ ขอขอบพระคุณอาจารย์และบุคลากรต่างๆ ในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ให้ได้ คำแนะนำและสั่งสอนความรู้ต่างๆ

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุน สั่งสอน และเลี้ยงดู พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาและให้กำลังใจเสมอมา

ธนวัฒน์ สุขแก้ว

รัฐศักดิ์ ประชุมรักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ส่วนประกอบของปริญญานิพนธ์ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Constructionism 4

2.2 Tangible Programming 6

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน 6

2.4 ระบบปฏิบัติการ freeRTOS 23

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา

3.1 โครงสร้างของระบบ 30

3.2 Hardware Diagram 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 Controller Task Flowchart 32
3.4 Movement Task Flowchart 34
3.5 Display LCD Task Flowchart 36
3.6 Sound Task Diagram 38
3.7 Ultrasonic Task Flowchart 40
3.8 แบบหุ่นยนต์การ์ดคำสั่ง 41
3.9 แบบแผนที่ 42
3.10 แบบการ์ดคำสั่ง 42
บทที่ 4 ผลการทดลอง/ความก้าวหน้า
4.1 การศึกษาและทดสอบ QR Code Scanner 46
4.2 การศึกษาและทดสอบ Encoder Motor 51
4.3 การศึกษาและทดสอบการเคลื่อนที่ 53
4.4 การศึกษาและทดสอบการทำเสียงด้วย I^2S 55
4.5 การศึกษาและทดสอบ Ultrasonic Sensor 55
4.6 การทำงานของหุ่นยนต์บนแผนที่ 56
บทที่ 5 บทสรุปและแนวทางพัฒนา
5.1 บทสรุป 60
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 61
5.3 แนวทางการพัฒนา 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

4.1 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 53
4.2 การทดสอบการใช้งานร่วมกับแผนที่ 57
4.3 การทดสอบการทำงานตามเนื้อเรื่อง 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

2.1 การเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism 4
2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructionism 5
2.3 ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 7
2.4 Board ESP32 Develop kit 7
2.5 การทำงานของโปรแกรม 8
2.6 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ 9
2.7 เอ็นโค้ดเดอร์มอเตอร์ 9
2.8 ส่วนประกอบ Rotary Encoder 10
2.9 ส่วนประกอบของ Incremental Encoder หรือ Incremental Rotary Encoder 11
2.10 สัญญาณพัลส์เอาต์พุตของ Incremental Encoder 11
2.11 จอ TFT LCD 11
2.12 โครงสร้างพื้นฐานของจอ TFT LCD 12
2.13 ตัวอย่างคิวอาร์โค้ด 13
2.14 โมดูลสแกนคคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ด 13
2.15 องศาการสแกนแนวตั้งของ โมดูลสแกนคคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ด 14
2.16 องศาการสแกนแนวนอนของ โมดูลสแกนคคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ด 14
2.17 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลขนาด 4 บิตให้เป็นแรงดันแอนะล็อก 15
2.18 วงจรบัฟเฟอร์ออปแอมป์ 15
2.19 วงจรออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส 16
2.20 I^2S Audio Breakout – MAX98357A 16
2.21 การกำหนดการเชื่อมต่อ I^2S 17
2.22 สัญญาณของ I^2S 18
2.23 ผังอธิบายการเข้ารหัส PCM ทั้ง 3 ขั้นตอน 18
2.24 การฟแสดง Continuous signal และ Discrete signal 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

2.25 กราฟแสดงการแบ่งระดับไม่เชิงเส้นของ μ-law และ A-law 20
2.26 สัญญาณระดับชั้นแบบเชิงเส้น LPCM 20
2.27 การเรียงลำดับแบบ Big-endian และ Little-endian 21
2.28 Gyroscope & Accelerometer Sensor ในปัจจุบัน 22
2.29 แกน Yaw , Pitch และ Roll 23
2.30 การทำงานแบบ Multitasking ด้วย Kernel 24
2.31 Task states 25
2.32 โครงสร้างการทำงานของ Mutexes 27
2.33 เรียนรู้แนวคิดก่อนการเขียนโปรแกรมไปกับชุดรถไฟของเล่น 28
2.34 ภาพรวมของหุ่นยนต์และโปรแกรม 29
3.1 System Diagram 30
3.2 Hardware Diagram 31
3.3 Controller Task Flowchart 32
3.4 Movement Task Flowchart 34
3.5 Display LCD Task Flowchart 36
3.6 Sound Task Diagram 38
3.7 Ultrasonic Task Diagram 40
3.8 ออกแบบหุ่นยนต์การ์ดคำสั่ง 41
3.9 แบบแผนที่ 42
3.10 การ์ดคำสั่งเริ่มต้น และ สิ้นสุด 43
3.11 การ์ดคำสั่งเคลื่อนที่เดินหน้าและเลี้ยวซ้าย 43
3.12 การ์ดคำสั่งเคลื่อนที่ถอยหลังและเลี้ยวขวา 44
3.13 การ์ดคำสั่งเงื่อนไข If-Else 44
3.14 การ์ดคำสั่งไอเทม และ อุปสรรค 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

4.1 แสดงผลการสแกนผ่าน Notepad โดยเชื่อมต่อแบบ HID 46
4.2 แสดงการเชื่อมต่อแบบ HID 47
4.3 แสดงผลการสแกนผ่าน Serial Monitor บน ArduinoIDE 47
4.4 แสดงการเชื่อมต่อแบบ UART 48
4.5 แสดงผลข้อมูลการ์ดคำสั่งตามลำดับที่ป้อน 48
4.6 แสดงผลการทำงานของ CPU Core และ ค่าที่สแกนได้จาก QR Code Scanner 49
4.7 แสดงการเชื่อมต่อ QR Code Scanner กับ Motor 50
4.8 แสดงผลการ์ดคำสั่งด้วยรูปภาพผ่านจอ TFT LCD 50
4.9 ลบการ์ดคำสั่งที่แสดงผลแล้วโดยการกดปุ่ม Stop 52
4.10 หาองศาการหมุนของมอเตอร์ในการเลี้ยวซ้าย ค่าที่ได้ประมาณ -100 ถึง -150 52
4.11 หาองศาการหมุนของมอเตอร์ในการเลี้ยวขวา ค่าที่ได้ประมาณ 100 ถึง 150 52
4.12 ตัวทดลองการหมุนของมอเตอร์ 53
4.13 ทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนพื้นห้อง 54
4.14 ก่อนทดสอบการเคลื่อนที่หันขวา 90 องศา 54
4.15 หลังทดสอบการเคลื่อนที่หันขวา 90 องศา 55
4.16 แสดงระยะห่างที่ Ultrasonic Sensor ตรวจจับได้ 56
4.17 การทดลองตรวจจับระยะห่างของวัตถุ 56
4.18 ภาพตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดสอบ 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันการสอนให้เด็กเรียนรู้การเขียนโปรแกรม หรือ โค้ดดิ้ง (Coding) เป็น การเขียนคำสั่งหรือชุดข้อมูลคอมพิวเตอร์ในรูปแบบโค้ด (Code) ที่ใช้สำหรับสื่อสารกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่เราต้องการ ซึ่งโค้ดดิ้ง (Coding) เป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับเด็ก เพราะว่า การสอนให้เด็กรู้จักการเขียนโปรแกรมตั้งแต่เด็กนั้นจะช่วยเสริมสร้างพัฒนาการให้เด็กมีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนได้ ส่งเสริมให้เด็กมีความคิดเป็นระบบอย่างมีเหตุผลได้ อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างความมั่นใจในด้านเทคโนโลยีสำหรับเด็ก ซึ่งมีความสำคัญมากในปัจจุบันและยังสามารถนำทักษะที่ได้นี้ไปต่อยอดในอนาคตได้ ทั้งในด้านการเรียนและการทำงาน

หากแต่ว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับเด็กในระดับประถมศึกษาด้วยภาษาคอมพิวเตอร์นั้นพบเจอปัญหา ค่อนข้างที่จะยาก มีความซับซ้อนเกินไป เนื่องจากเป็นการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ในวัยเด็กเล็กเด็กยังไม่สามารถเข้าใจและรับรู้ผลลัพธ์ที่ออกมาเป็นรูปธรรมได้จึงไม่เห็นภาพรวมการทำงานทั้งหมด โปรแกรมหรือภาษาที่เขียนไม่มีความน่าดึงดูดทางด้านสีสันและเนื้อหา เด็กขาดสมาธิเวลาอยู่หน้าคอมพิวเตอร์นานๆอีกทั้งยังทำให้เด็กอยู่กับจอคอมพิวเตอร์นานเกินไปทำให้เกิดผลเสียต่อสายตาสำหรับเด็กวัยทั่ว ๆ ไป

จึงมีแนวทางการแก้ปัญหาคือ การเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้ หรือ Tangible Programming เป็นการเขียนโปรแกรมที่เน้นข้อความหรือภาพผ่านภาษาคอมพิวเตอร์แต่ว่าแทนที่จะใช้ข้อความและภาพจากจอคอมพิวเตอร์จะเน้นไปทางวัตถุที่จับต้องได้เพื่อแสดงถึงตัวแทนของคำสั่ง องค์ประกอบต่างๆนิยมนำมาใช้กับการศึกษาเหมาะสำหรับกลุ่มเด็กเล็กที่ยังไม่สามารถเรียนรู้การเขียนโปรแกรมหรือ โค้ดดิ้งได้โดยในการเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้ เด็กจะได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรมโดยสั่งการผ่านเครื่องมือที่เป็นรูปธรรมแทนการใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้ผ่านการสัมผัสของจริง เด็กจะได้สร้าง และ เห็นผลลัพธ์จริงสามารถแสดงออกทางความคิดออกมาเป็นสิ่งที่จับต้องได้เข้าถึงเด็กได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้เด็กมีความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1) เพื่อสร้างหุ่นยนต์สำหรับการพัฒนาการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมจับต้องได้ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา
2) เพื่อให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้ ผ่านการสัมผัสจริงโดยสั่งการหุ่นยนต์ผ่านการ์ดคำสั่ง
3) เพื่อให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาสามารถเข้าใจในการเขียนโปรแกรมมากยิ่งขึ้น
4) เพื่อนำไปประยุกต์ต่อยอดทางธุรกิจ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รับประสบการณ์ในการการเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้โดยใช้หุ่นยนต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา
2) ได้รับประสบการณ์การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำหรับการพัฒนาการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมจับต้องได้สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา
3) ได้รับประสบการณ์ในการใช้งานบอร์ด, QR Code และ เซนเซอร์ต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา
4) ได้รับประสบการณ์ในการศึกษาการทำการ์ดคำสั่ง สถานที่ และ เนื้อเรื่อง เพื่อนำไปใช้กับหุ่นยนต์การ์ดคำสั่ง

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

สร้างหุ่นยนต์การ์ดคำสั่งสำหรับการพัฒนาการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมแบบจับต้องได้ โดยฟังก์ชันของหุ่นยนต์มีดังนี้

1.4.1 QR Code Scanner

QR Code Scanner ใช้สแกน QR Code บนการ์ดคำสั่งโดยการสแกนนั้นต้องกดปุ่ม Read Cardบนจอ LCD เพื่อให้ QR Code Scanner ทำงานหลังจากนั้นจึงนำการ์ดคำสั่งไปสแกนด้านหน้าหุ่นยนต์แล้วเก็บค่าไว้บนบอร์ด ESP 32เพื่อนำค่าที่ได้จาก QR Code Scanner ไปใช้ในการเรียกใช้งานฟังก์ชันต่างๆของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 Motor Control

การควบคุม Motor นั้นจะมีคำสั่งควบคุมทั้งหมด 4 แบบ คือ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวาโดยในการที่จะควบคุม Motor นั้นจะใช้การ์ดคำสั่งที่เป็นรูปแบบ QR Code ที่สแกนผ่านเข้ามาด้วย QR Code Scanner ส่งไปยังบอร์ด ESP 32 เพื่อควบคุมมอเตอร์ตามคำสั่งที่ได้รับ

1.4.3 จอแสดงผล LCD TFT

ใช้เป็นจอแสดงผลเพื่อเป็นสื่อกลางระหว่างเด็กกบั หุ่นยนต์มีปุ่มบนหน้าจอทั้งหมด 3 ปุ่ม ได้แก่ ปุ่ม Read Card กดเพื่อเปิดใช้งาน QR Code Scanner และกดอีกครั้งเพื่อปิดใช้งาน, ปุ่ม Play Card กดเพื่อให้หุ่นยนต์ท างานตามการ์ดคา สั่งที่ได้รับเข้ามา, ปุ่ม Reset กดเพื่อหยุดการทำงานของ หุ่นยนต์แล้วลบคำสั่งทั้งหมดที่สแกนเข้ามาอีกทั้งจอแสดงผลยังทำหน้าที่แสดงผลรูปภาพการ์ดคำสั่งต่างๆ ขณะที่สแกนเก็บค่าการ์ดคำสั่ง และตอนที่หุ่นยนต์กำลังทำงาน

1.4.4 แผนที่ และ เนื้อเรื่อง

กำหนดเนื้อเรื่องที่ต้องการเล่นแล้วใช้แผนที่นั้น Setup ป้ายการ์ดคำสั่งที่จะมีรูปภาพและ QR Code อยู่บนป้ายวางไว้ตามจุดในแผนที่ตามที่เนื้อเรื่องบอก นำหุ่นยนต์ไปวางที่จุดเริ่มต้นแล้วทำการเล่าเนื้อเรื่องให้เด็กฟังว่าหุ่นยนต์ต้องทำภารกิจใดบ้างจึงจะผ่านเนื้อเรื่องนี้

1.4.5 Sound Effect

ใช้ SD Card ในการเก็บไฟล์เสียง และ ส่งข้อมูลไปแสดงผลผ่าน I2S Amplifier เพื่อใช้เป็นเสียงประกอบสำหรับ Emotion หรือ การทำงานของการ์ดคำสั่ง

1.4.6 การ์ดคำสั่ง

1) การ์ดคำสั่งเริ่มต้น และ สิ้นสุด

2) การ์ดการเคลื่อนที่ มีทั้งหมด 4 แบบ คือเดินหน้า, ถอยหลัง, เลี้ยวซ้าย และ เลี้ยวขวา

3) การ์ดไอเทมหรือการ์ดอุปสรรค เป็นการ์ดใช้ร่วมกับการแสดงผลจอ TFT LCD จะแสดงรูปภาพของไอเทมเมื่อหุ่นยนต์เก็บสิ่งของ และแสดงอุปสรรคที่พบเจอ

4) การ์ด Condition If – Else ใช้แทนสิ่งที่หุ่นยนต์พบหรือไม่พบบนแผนที่คำสั่งตรวจสอบเงื่อนไขหาก If เป็นจริงจะทำคำสั่งข้างใน If ทั้งหมด หากเป็นเท็จจะทำคำสั่งข้างใน Else ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

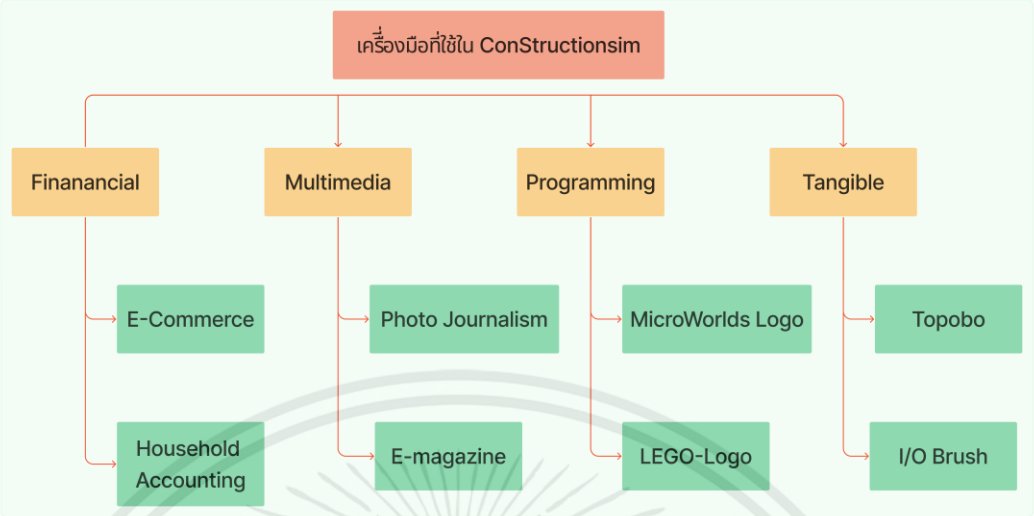
2.1 Constructionism

เป็นทฤษฎีทางการศึกษาโดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎี Constructivism ที่มีรูปแบบทางทฤษฎีที่เหมือนกัน แต่สิ่งที่ทำให้ทฤษฎี Constructionism แตกต่าง คือ ทฤษฎีที่ผู้เรียนจะต้องสร้างความเข้าใจในการเรียนด้วยตนเอง ซึ่งการเรียนรู้ให้เข้าใจด้วยตนเองนั้นผู้เรียนจะต้องถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นรูปธรรมผ่านการทำโครงงานด้วยวิธีการที่เหมาะสม และสามารถที่จะนำความรู้ที่ได้มาปรับวิธีการคิดของตนเองได้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาต่อยอดได้อย่างไม่มีสิ้นสุด

รูปที่ 2.1 การเรียนรู้ตามแนวคิด Constructivism

Constructionism จะใช้ทฤษฎีการเรียนรู้แบบเดียวกับ Contructivism โดยการเรียนรู้ทฤษฎี Constructionism จะให้ความสำคัญกับเครื่องมือที่ใช้ใน กิจกรรมเป็นอย่างมากเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในกิจกรรมจะเป็นสื่อที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจใน สิ่งที่ต้องการเรียน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนว Constructionism นั้นมีหลายรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructionism

เครื่องมือส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructionism แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. Financial เป็นการเรียนรู้ทางด้านการเงินเป็นส่วนใหญ่ เช่น การทำพาณิชย์ , การทำบัญชีรายรับ-รายจ่าย หรือ การทำบัญชีให้กับบริษัท เป็นต้น

2. Multimedia เป็นการเรียนโดยการนำสื่อมาผสม (Multimedia) มาเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ เช่น การวิเคราะห์เหตุการณ์ต่างๆด้วยรูปภาพ หรือ การเขียนบทความอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เป็นต้น

3 Programming เป็นการเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบและสร้างโปรแกรมออกมาเพื่อแสดงความคิดเห็นของตน หรือเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น LEGO-Logo ที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ของตนเองขึ้นมาและทำการควบคุมด้วยภาษา Logo

4. Tangible เป็นการเรียนรู้โดยที่สามารถจับต้องอุปกรณ์ได้ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้เป็นรูปธรรมได้ง่ายขึ้น และเป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้ในการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructionism โดย Tangible ที่นิยมนำมาใช้มากที่สุดคือ หุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ถูกนำมาใช้ในการเรียนรู้ตามแนวคิด Constructionism เป็นส่วนใหญ่ เช่น GoGoBoard , Programmable และ Brick เป็นพื้นฐานมาจาก LEGO หรือ Logo ซึ่งคือชุดเครื่องมือที่ประกอบด้วย มอเตอร์ (Motor) , เกียร์ (Gear) และ เซนเซอร์ (Sensor) ซึ่งจะอุปกรณ์จะต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ และภาษาที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมควบคุม โดยการสร้างหุ่นยนต์จะต้องมีแนวคิดทางด้านวิศวกรรมซึ่งอาจเป็นรถ ชิงช้าสวรรค์ เป็นต้น และนำหุ่นที่สร้างต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ ในการเรียนรู้แบบนี้ผู้เรียนจะได้ใช้แนวคิดทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ แนวคิดในการแก้แบบการทำงานของหุ่นยนต์ที่สร้าง (Algorithm) การใช้งานเซนเซอร์ (Sensor) กับหุ่นยนต์ และอีกหลายๆอย่าง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่ต้องใช้ประสบการณ์ทางด้านไฟฟ้า เครื่องกล และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2.2 Tangible Programming

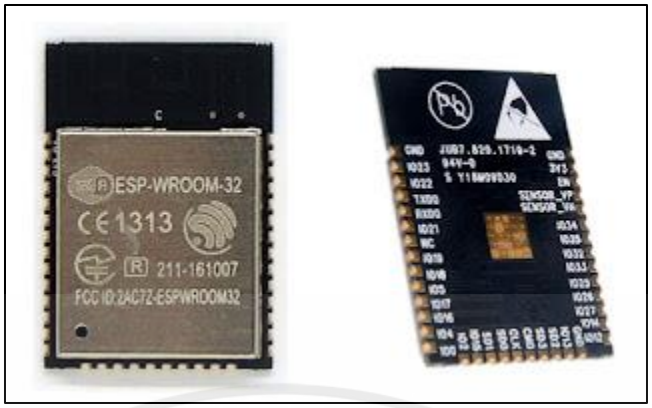
Tangible Programming เป็นการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมรูปแบบหนึ่ง โดยจะมุ่งเน้นไปที่การหยิบจับสัมผัสได้จริง เรียนรู้ผ่านอุปกรณ์ ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อสำหรับเด็กอายุ 5 – 10 ปี ดังนั้น Tangible Programming จึงเป็นการเขียนโปรแกรมที่เชื่อมโยงกิจกรรมให้เด็กได้สัมผัสและเห็นผลลัพธ์ได้จริงเข้ากับความคิด ความเข้าใจ และ ความสามารถที่เด็กมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว โดย Tangible Programming เป็นหนึ่งในทฤษฎี Constructionism ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ผู้เรียนรู้สามารถเรียนรู้ได้ดีในการทำโครงงานด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม

2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน

2.3.1 ESP32

ESP32 เป็นชื่อไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่งที่รองรับการเชื่อมต่อด้วย WiFi และ Bluetooth BLE โดย ESP32 นี้ได้ออกแบบมาเพื่อแก้ไขข้อเสียของ ไอซีคอนโทรลเลอร์ ESP8266 อีกทั้งยังมีขนาดเล็กเทียบเท่ากับ ESP8266 ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้งานในปัจจุบันเป็นอย่างมาก

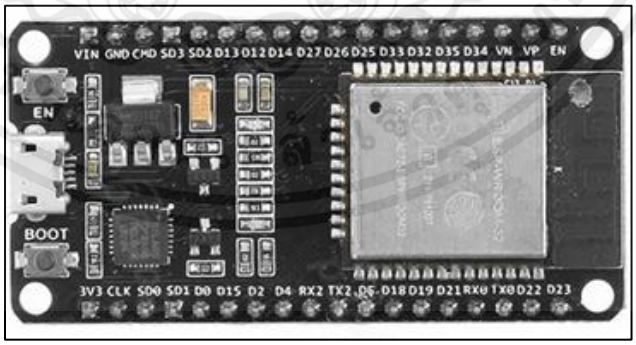
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.3 ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

CPU ของ ESP32 นั้นใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 จำนวน 2 Core มีสัญญาณ Clock 240MHz ซึ่งสามารถแยกการทำงานของโปรแกรมที่จัดการ WiFi และแอพพลิเคชั่นออกจากกันได้ ทำให้คอนโทลเลอร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีแรมอยู่ที่ 520KB มาในตัว มี GPIO ที่เพิ่มมามากขึ้น และมีช่อง ADC เพิ่มขึ้นเป็น 12 ช่อง จากเดิมที่ ESP8266 มีเพียง 1 ช่อง ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3V ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5uA

โดยหลังจากที่ไอซีไมโครคอนโทลเลอร์ ESP32 ออกมาไม่นานก็ได้มีนักออกแบบและผู้ผลิตให้การตอบรับโดยการผลิตและพัฒนาบอร์ด ESP32 ออกมา ช่วยให้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามรถนำมาใช้งานและพัฒนาได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยแต่ละบอร์ดนั้นจะมีความแตกกต่างกันในด้านของฟีเจอร์ที่เพิ่มเข้ามาในแต่ละบอร์ด และขนาดจึงทำให้บอร์ด ESP32 นั้นมีออกมาใหม่เสมอ

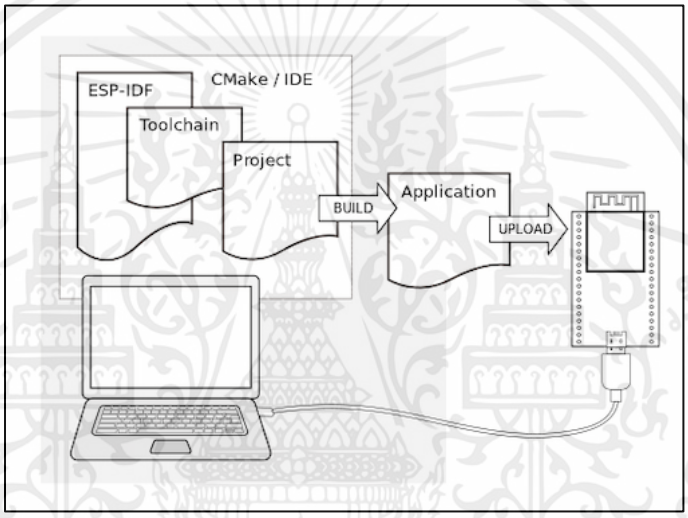


รูปที่ 2.4 Board ESP32 Develop kit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกตัวอย่างจากรูปคือบอร์ด ESP32 ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากไม่ว่าจะในเรื่องราคาที่มีราคาถูก และบอร์ดรุ่นนี้ยังหาซื้อได้ง่ายตามาท้องตลาด มีหลายขนาดและหลาย Version ให้เลือก เช่น Board ESP32 Develop kit V1 , Board ESP32 Develop kit V2 เป็นต้น

โดยบอร์ด ESP32 นี้มีไลบราลี่และคอมไพล์เลอร์สำหรับ Arduino ในชื่อ Arduino core for ESP32 WiFi chip โดยการพัฒนา Arduino core for ESP32 WiFi chip นี้จะพัฒนาไปควบคู่กับ ESP-DF โดยที่ ESP-IDF จะเป็นแกนหลัก และเมื่อมีการเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ๆเข้ามาให้ ESP-IDF แล้วจึงจะมีการเพิ่มให้กับ Arduino core for ESP32 WiFi chip



รูปที่ 2.5 การทำงานของโปรแกรม

จากรูปการทำงานของโปรแกรมในการอัปโหลดข้อมูลไปที่บอร์ด ESP32 โดย Toolchain คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาหรือการเขียนเขียนโปรแกรม Build tools เป็นเครื่องมือที่แปลงให้เป็นภาษากลางที่เหมาะกับ บอร์ด ESP32 และ ESP-IDF เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่แปลงโปรเจค Toolchain ให้เป็นภาษาเครื่อง

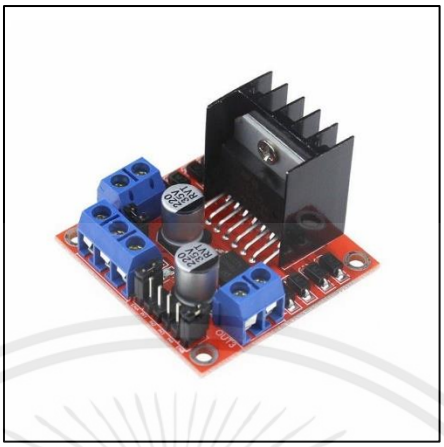
2.3.2 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์

อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ คือ วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยจะสามารถปรับระดับความเร็วการหมุนของมอเตอร์ด้วยกระแสไฟฟ้า และ อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ยังมีขนาดที่เหมาะสำหรับใช้กับอุปกรณ์ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ โดยประเภทของอุปกรณ์มอเตอร์มีดังนี้

1) ไดรฟ์มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor Drive)

2) ไดรฟ์มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor Drive)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.6 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์

2.3.2.1 ไดรฟ์มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor Drive)

ไดรฟ์มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor Drive) เป็นเรื่องขยายชนิดหนึ่งหรือโมดูเลเตอร์กำลังไฟฟ้าที่รวมระหว่างคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์กระแสตรง ใช้กระแสไฟฟ้าที่ต่ำแล้วแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าสูงที่เหมาะสมกับมอเตอร์ไดรฟ์

2.3.2.2 ไดรฟ์มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor Driver)

ไดรฟ์มอเตอร์กระแสสลับ (AC Motor Drive) หรือ อินเวอร์เตอร์ไดรฟ์ (Inverter Drive) นั้น เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับไดรฟ์มอเตอร์กระแสสลับ (DC Drive Motor)ที่ใช้ในการควบคุมระดับความเร็วรอบหรือแรงบิดของมอเตอร์ โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนค่าความถี่ (Frequency) ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ 3 เฟส (Three Phase Induction Motor) เพื่อทำให้ค่าความเร็วเหมาะสมกับภาระการโหลดของมอเตอร์ได้

2.3.3 เอ็นโค้ดเดอร์มอเตอร์

รูป 2.7 เอ็นโค้ดเดอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

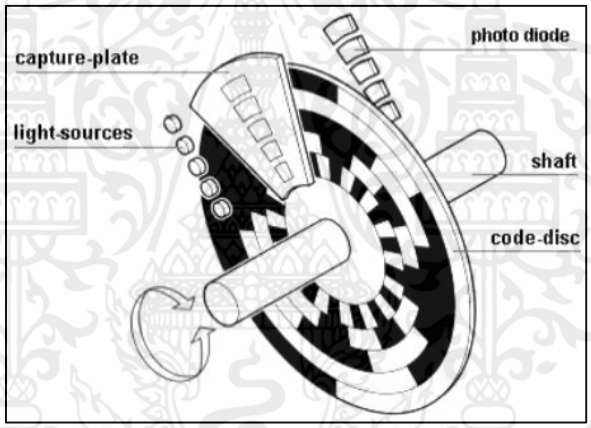
เอ็นโค้ดเดอร์มอเตอร์คือมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีเซ็นเซอร์ทำหน้าที่เข้ารหัสจากการหมุนรอบตัวเองของมอเตอร์แล้วแปลงสัญญาณที่ได้ออกมาเป็นรหัสสัญญาณไฟฟ้า สามารถนำสัญญาณที่ได้มา แปลงสัญญาณและหาค่าต่างๆได้ เช่น ค่าระยะทางการหมุน, ค่าองศาของการเคลื่อนที่, ความเร็วรอบของ มอเตอร์โดยเอ็นโค้ดเดอร์มอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ

1) Absolute Rotary Encoder

2) Incremental Rotary Encoder

2.3.3.1 Absolute Rotary Encoder

Absolute Rotary Encoder เป็น Encoder ที่มีตัวอ่านหลายตำแหน่งเท่ากับจำนวนเอาต์พุต ซึ่งจะมีรูบนแผ่นและมีระยะห่างทำให้สามารถรู้ถึงตำแหน่งของการหมุนได้ สัญญาณที่ได้ออกมาจะเป็นรูปแบบรหัสโค้ด เช่น Binary Code , Gray Code เป็นต้น



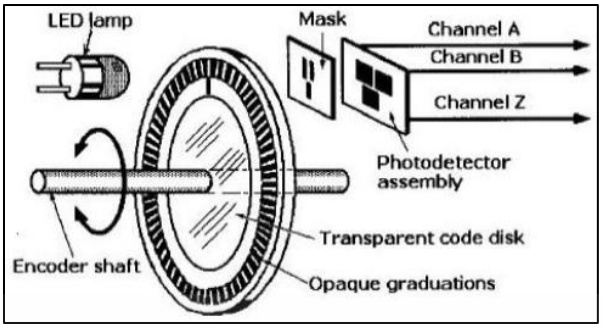
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบ Rotary Encoder

Absolute Encoder เป็นเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) ที่ออกแบบให้มีสัญญาณเอาต์พุต เป็นลักษณะการเข้ารหัสและใช้รหัสแทนสัญญาณพัลส์ เช่น Gray Code เป็นต้น เพื่อระบุตำแหน่งการหมุน การเคลื่อนที่และองศาของแกนเอ็นโค้ดเดอร์ให้มีความแม่นยำและถูกต้องมากที่สุด หากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหยุดการทำงานและทำการจ่ายไฟฟ้าเข้าไปใหม่ข้อมูลก็ยังคงอยู่ตำแหน่งเดิม

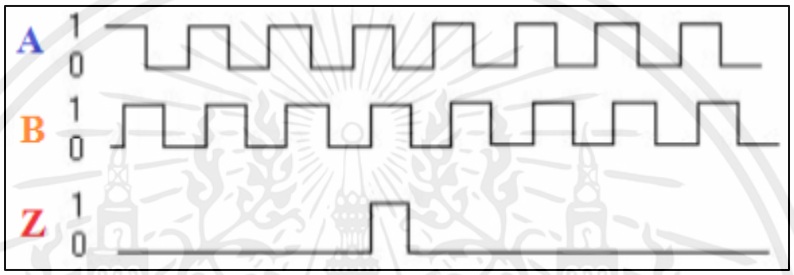
2.3.3.2 Incremental Rotary Encoder

Incremental Encoder หรือ Incremental Rotary Encoder โครงสร้างประกอบไปด้วย จานหมุน และอุปกรณ์ตรวจจับ โดยจานหมุนจะมีช่องเล็กๆ เมื่อแกนของมอเตอร์หมุนจะทำให้ช่องเล็กๆของจานหมุนไปตัดกับเซ็นเซอร์ (Sensor) ทำให้ชุดรับแสงด้รับสัญญาณเป็นช่วงๆ จะได้สัญญาณเป็นพัลส์ต่อรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของ Incremental Encoder หรือ Incremental Rotary Encoder



รูปที่ 2.10 สัญญาณพัลส์เอาต์พุตของ Incremental Encoder

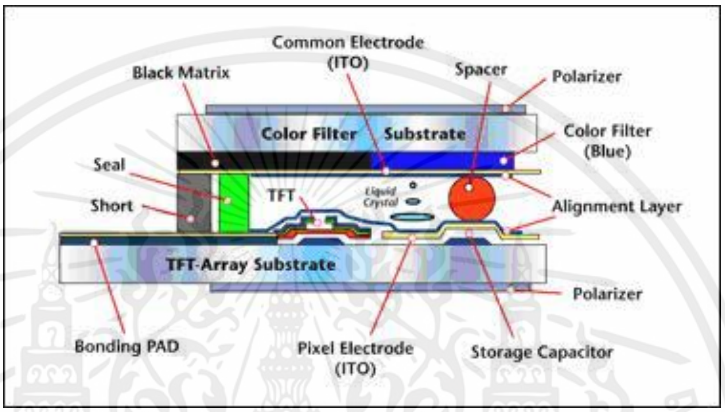
Incremental Encoder เป็นเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) ที่ใช้หลักการเมื่อมีการทำงานของแกนหมุน จะทำให้เกิดสัญญาณที่ออกมาในลักษณะลูกคลื่นพัลส์สี่เหลี่ยม (Square wave) โดยมี 3 แทรค (Tracks) คือ A B Z ซึ่งระยะการเคลื่อนที่ของ A และ B มีความต่างที่ครึ่งลูกคลื่นหรือ 90 องศา ทางไฟฟ้า ส่วน Z จะมีสัญญาณ 1 พัลส์ ต่อ 1 รอบ และสัญญาณพัลส์ของ Incremental Encoder ยังสามารถสลับเฟสได้เพื่อเช็คทิศทางการหมุนของมอเตอร์

2.3.4 จอ Thin-Film-Transistor LCD (TFT LCD)

รูป 2.11 จอ TFT LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอ TFT LCD หรืออีกชื่อหนึ่งคือ จอแสดงผลคริสตัลเหลวทรานซิสเตอร์แบบฟิลม์บาง คือ จอ LCD ที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบ Active Matrix ซึ่งมีแผ่นฟิล์ม TFT (Thin-Film Transistor) ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณควบคุมผลึกเหลวให้เรียงตัวกันเพื่อปิดกั้น หรือเปิดทางให้แสง backlight ผ่านออกมาบนเม็ดพิกเซล ออกแบบมาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ดียิ่งขึ้น พิกเซลแต่ละตัวบนจอ TFT LCD มีทรานซิสเตอร์ของตัวเองอยู่บนกระจกตัวเองทำให้ควบคุมภาพและสีที่มากขึ้นได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 2.12 โครงสร้างพื้นฐานของจอ TFT LCD

โครงสร้างการทำงานของแผง TFT-LCD คือชั้นของผลึกเหลวที่คั่นกลางระหว่างพื้นผิวกระจกสองแผ่นแผงหน้าจอ TFT ด้านหน้าเคลือบด้วยฟิลเตอร์สีและแผงจอแสดงผล TFT ด้านหลังเคลือบด้วยทรานซิสเตอร์ฟิล์มบาง (TFT) เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้ากับทรานซิสเตอร์คริสตัลเหลวจะเปลี่ยนและแสงจะผ่านผลึกเหลวเพื่อสร้างพิกเซลที่แผงด้านหน้า โมดูลแบล็คไลท์มีหน้าที่จัดหาแหล่งกำเนิดแสงหลังแผง TFT-Array ฟิลเตอร์สีให้เม็ดสีแต่ละสีโดยเฉพาะ การรวมกันของแต่ละพิกเซลสีที่แตกต่างกันทำให้ผู้ใช้เห็นภาพด้านหน้าของแผงควบคุม

2.3.4.1 LittlevGL

LittlevGL หรือ LVGL (Light and Versatile Graphics Library) นั้นเป็น Open-source Embedded Library ที่ใช้งานได้หลากหลายเหมาะสำหรับใช้งานการออกแบบ UX/UI กับอุปกรณ์ Hardware ที่เป็นรูปแบบ Display และได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน โดย LVGL นี้มี Widget ให้เลือกใช้งานมากมายและมีรูปแบบที่สวยงาม โดย Library นี้นั้นสามารถหาและโหลดได้ง่ายอีกทั้งยังมีหลาย Version ให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสมและความสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 คิวอาร์โค้ด (QR Code)

คิวอาร์โค้ด หรืออีกชื่อหนึ่ง Quick Response Code คือ สัญลักษณ์ 4 เหลี่ยมที่ทำหน้าที่เป็นสัญลักษณ์แทนข้อมูลต่างๆ มีพัฒนาการมาจากบาร์โค้ด 2 มิติ โดยบริษัท Denso-Wave จากประเทศญี่ปุ่น ตั้งแต่ปี 1994 ซึ่งในปัจจุบันมีการแพร่หลายได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นสินค้าต่างๆ การชำระเงิน การโฆษณา ซึ่งคิวอาร์โค้ดมีการใช้งานที่สะดวก รวดเร็ว ใช้งานง่ายและสอดคล้องกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน เพียงแค่นำกล้องของโทรศัพท์มือถือไปถ่ายคิวอาร์โค้ดก็จะเข้าสู่หน้าข้อมูลที่ต้องการได้ทันที

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างคิวอาร์โค้ด

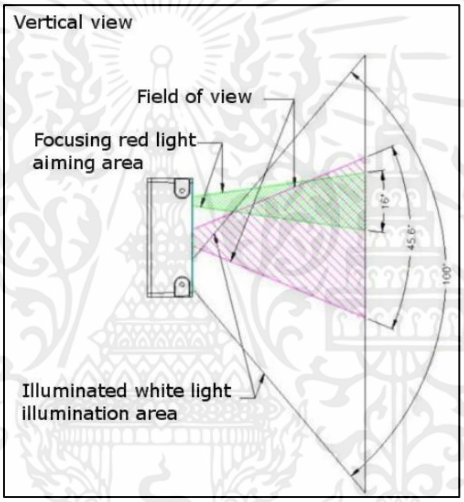
2.3.6 โมดูลสแกนคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ด

รูป 2.14 โมดูลสแกนคคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ด

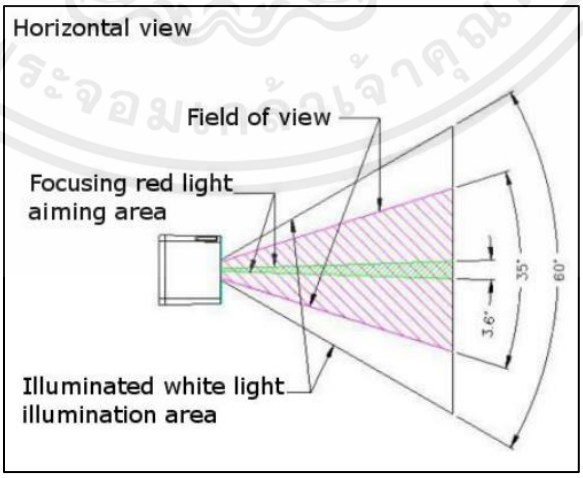
โมดูลสแกนคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ด คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นำข้อมูลส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์โดยการอ่านคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ดแล้วนำไปประมวลผล แปลงค่าเป็นข้อมูลตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือตัวอักษรแสดงผลผ่านทางจอภาพก่อนส่งไปยังระบบคอมพิวเตอร์ เครื่องอ่านคิวอาร์โค้ดถูกคิดค้นขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความรวดเร็วและแม่นยำในการทำงาน โมดูลสแกนคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ดที่ใช้เป็นประเภท Laser Scanner ที่สามารถอ่านข้อมูลบาร์โค้ด และ คิวอาร์โค้ดในระยะที่ห่างจากตัวคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ดได้ประมาณหนึ่ง การยิงเลเซอร์จะใช้แสงเลเซอร์ยิงผ่านกระจกด้านหน้าโมดูลแล้วแสงจึงไปตกกระทบที่ตัวคิวอาร์โค้ดเพื่ออ่านข้อมูลจากแสงสะท้อนที่ย้อนกลับมาที่ตัวรับแสง ในการยิงจะเป็นการฉายแสงเลเซอร์ออกมามีขนาดเล็ก ความถี่เดียว และเป็นเส้นตรงเส้นเดียว แสงเลเซอร์จะไม่กระจายออกไปนอกพื้นที่เราต้องการอ่านข้อมูลทำให้สามารถอ่านคิวอาร์โค้ด หรือบาร์โค้ดที่ขนาดเล็กได้ดี มีไฟ LED สีขาวสำหรับรองรับการสแกนในพื้นที่มืดหรือมีแสงน้อย



รูปที่ 2.15 องศาการสแกนแนวตั้งของ โมดูลสแกนคคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ด

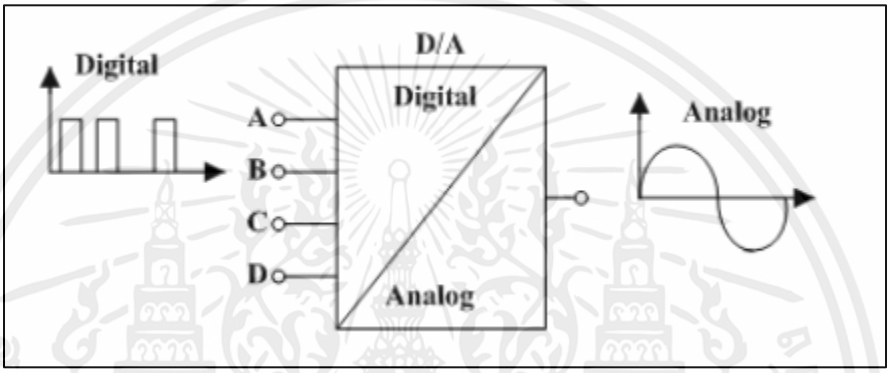


รูปที่ 2.16 องศาการสแกนแนวนอนของ โมดูลสแกนคคิวอาร์โค้ด บาร์โค้ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

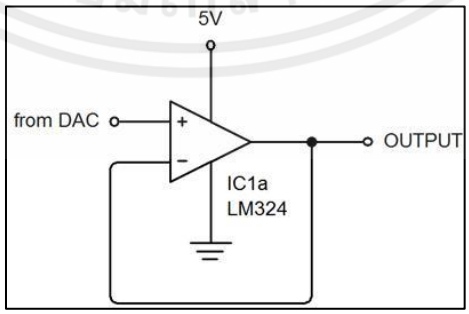
2.3.7 วงจรการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อค (DAC)

วงจรการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อค (DAC) คือ การแปลงเลขฐานสองผ่านวงจรแปลงให้เป็นสัญญาณแอนะล็อค โดยจะทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างภาคควบคุม ซึ่งเป็นวงจรดิจิตอลไมโครโปรเซสเซอร์ กับอุปกรณ์อินพุต หรือ เอาต์พุต ที่รับสัญญาณเป็นลอจิก 0 หรือ 1 มีแรงดันอยู่ที่ 0 V หรือ 5 V ให้เป็นสัญญาณเอาต์พุตในรูปแบบแรงดัน หรือ กระแสที่ต่อเนื่อง เพื่อเป็นการป้องกันให้กับอุปกรณ์อินพุต หรือ เอาต์พุต



รูป 2.17 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลขนาด 4 บิตให้เป็นแรงดันแอนะล็อก

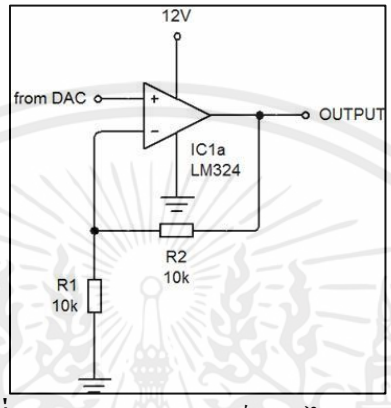
ตัวอย่างจากรูป เป็นวงจรแปลงสัญญาณขนาด 4 บิต ให้เป็นเรงดันแอนะล็อก การออกแบบวงจรให้จะใช้ตัวเลขฐาน 2 เป็นแรงดันในอัตราส่วน 1:1 เช่น รหัส 0000 = 0 V และ 1000 = 8 V เป็นต้นโดยแรงดันที่ได้จาก DAC นั้นมีกระแสไฟไม่มากซึ่งหากจะใช้งานกระแสที่มากยิ่งขึ้นสามารถใช้ออปแอมป์ (Operational amplifier : Opamp) เข้ามาช่วยขยายกระแสได้ โดยใช้การจัดการแบบบัฟเฟอร์ (Buffer)



รูปที่ 2.18 วงจรบัฟเฟอร์ออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากจะใช้ออปแอมป์แหล่งจ่ายไฟถือเป็นสิ่งสำคัญ อย่างเช่น LM324 LM358 ซึ่งไอซีเหล่านี้จะสามารถใช้งานแหล่งจ่ายไฟแบบเดี่ยวได้ และแหล่งจ่ายไฟจะต้องมีแรงดันไฟเลี้ยงที่สูงกว่าอินพุต ในการใช้ DAC จ่ายแรงดันมากกว่า 3.3 V สามารถทำได้โดยการวางวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส (Non-Inverting Amplifier)

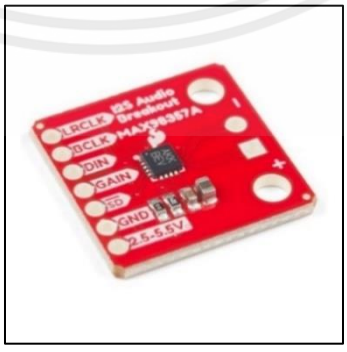


รูปที่ 2.19 วงจรออปแอมป์แบบไม่กลับเฟส

โดยส่วนใหญ่แล้วนั้น DAC จะมาควบคู่กับบอร์ดคอนโทรลเลอร์อยู่แล้วโดยในการจะใช้งานนั้นจะต้องดูที่ PIN ของคอนโทรลเลอร์ว่า PIN ไหนคือ DAC และ DAC นั้นก็ยังมีมาใช้งานควบคู่กับ Sensor อื่นๆ หรือ Module อื่นๆ อีกมากมาย เช่น DFplayer MP3 Module , Amplifier Module I2S เป็นต้น

2.3.8 I^2S

I^2S (Inter-IC Sound) เป็นมาตรฐานอินเตอร์เฟสบัสแบบอนุกรมอิเล็กทรอนิกส์ใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์เสียงดิจิตอลเข้าด้วยกัน ใช้ในการโอนถ่ายข้อมูลเสียง PCM

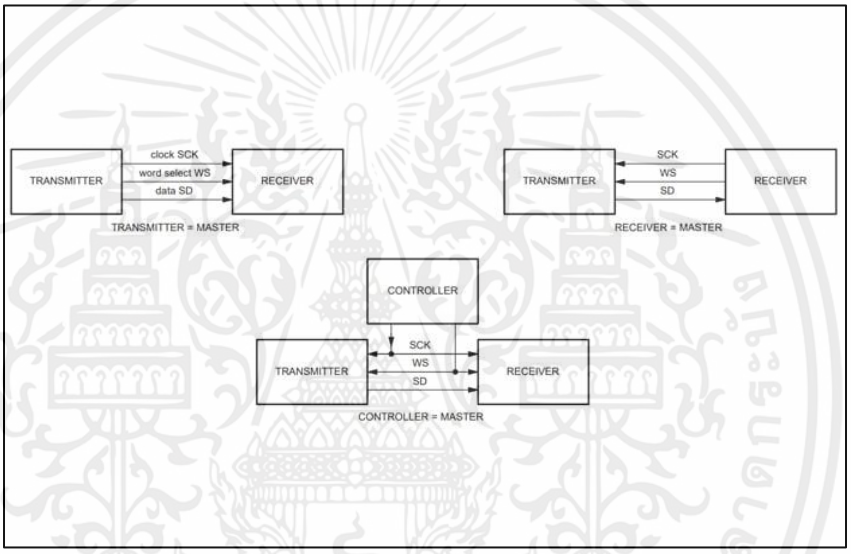


รูปที่ 2.20 I^2S Audio Breakout – MAX98357A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็นโมดูล I^2S Audio สำหรับใช้งานกับบอร์ดคอนโทรลเลอร์ต่างๆ เช่น ESP32 , ESP8266 , Arduino Uno เป็นต้น โดยขาของโมดูลนี้จะประกอบไปด้วย Bit clock (BCLK) , Left-right Clock (LRCLK) , Data Input (DIN) , Serial Data (SD) , Ground (GND) , Voltage Common Cathode (Vcc)

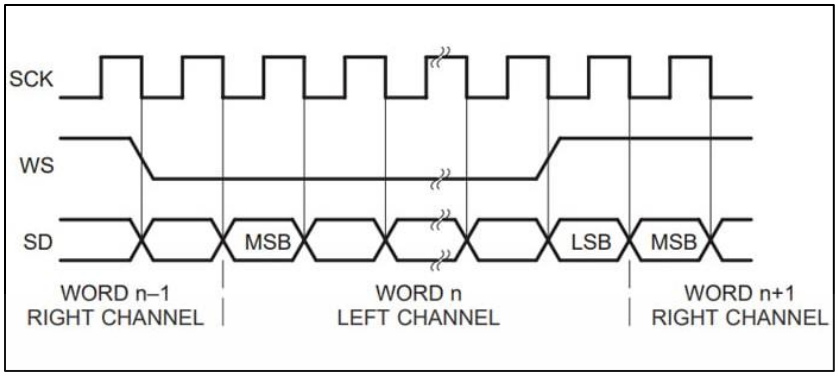
โดย I^2S Audio Breakout – MAX98357A เป็น Module สำหรับขยายเสียงใช้สำหรับบอร์ดคอนโทร์ลเลอร์ในรูปแบบของ I^2S โดย Module นี้สามารถนำมาปรับใช้กับ Module อื่นๆได้เช่น MP3 Module , SD card Breakout และยังสามารถใช้งานกับอุปกรณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับ DAC ได้เช่นกัน



รูปที่ 2.21 การกำหนดการเชื่อมต่อ I^2S

ข้อมูลจะถูกส่งผ่านสาย SD และสถานะของสาย WS จะขึ้นอยู่กับ Audio channel ที่กำลังส่งสัญญาณดังรูปที่แสดงด้านบน จะเห็นได้จากไดอะแกรมจากรูปว่าสัญญาณ WS กับ SCK สามารถสร้างโดยการส่งสัญญาณ รับสัญญาณ หรือใช้คอนโทรลเลอร์เป็นอุปรกรณ์สื่อสารก็ได้

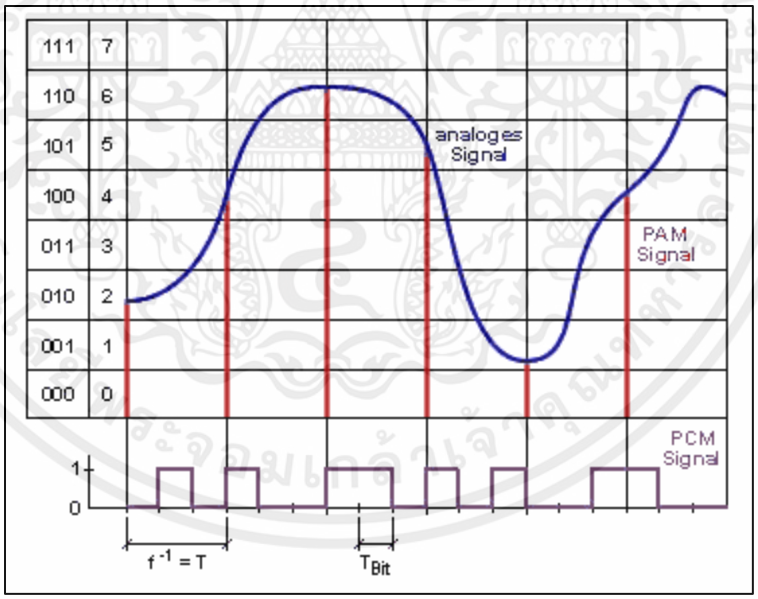
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 สัญญาณของ I^2S

2.3.8.1 สัญญาณ PCM (Pulse-code modulation)

เป็นสัญญาณ High Resolution Audio หรือเสียงความละเอียดสูงซึ่งในปัจจุบันนั้นเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก มีหน่วยนับจำนวนเป็น bit หรือ kHz ตามเสปกของอุปกรณ์ Hard-Ware และ ไฟล์เสียงต่างๆ



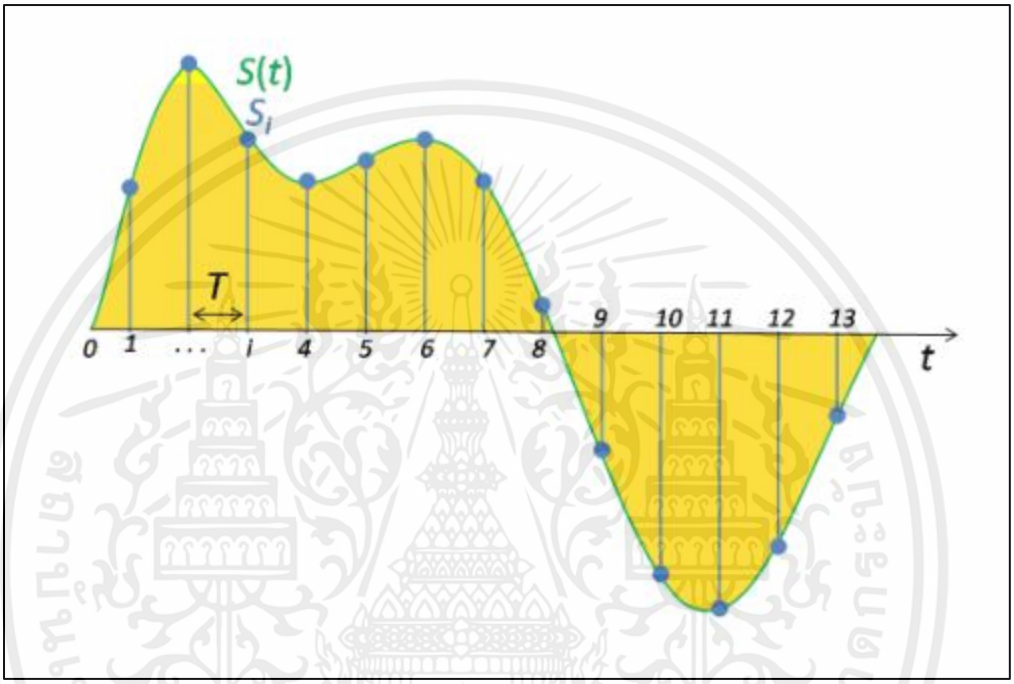
รูปที่ 2.23 ผังอธิบายการเข้ารหัส PCM ทั้ง 3 ขั้นตอน

การที่จะแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบ PCM นั้น มีด้วยกัน 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ขั้นตอนการแบ่งปัน (Quantization) และขั้นตอนการเข้ารหัส (Coding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8.2 ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling)

เป็นการแปลงสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องทางเวลา (Continuous signal) ให้มีรูปแบบไม่ต่อเนื่องทางเวลา (Discrete signal) ด้วยการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ของสัญญาณในช่วงระยะเวลาที่เท่ากัน โดยสัญญาณนั้นเรียกว่า อัตราสุ่มสัญญาณ (Sampling rate)



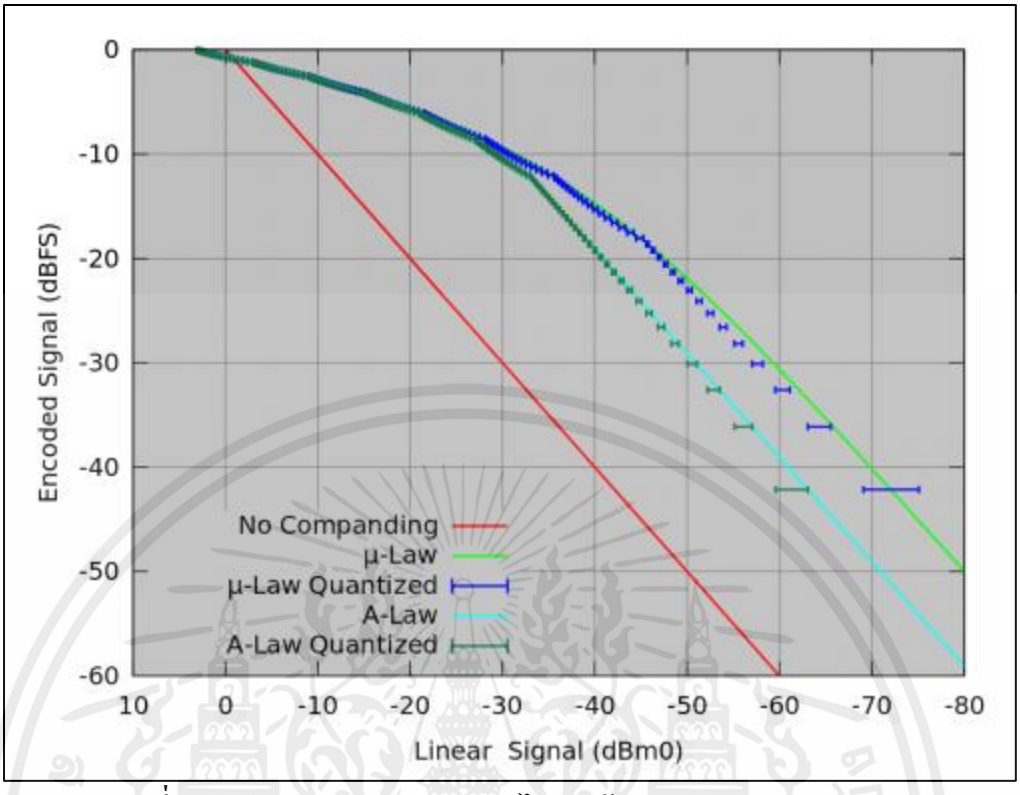
รูปที่ 2.24 การฟแสดง Continuous signal และ Discrete signal

จากรูป 2.21 เป็นการแสดงให้รู้ว่าสัญญาณ Continuous signal (สีเขียว) และ Discrete signal (สีฟ้า) นั้นแตกต่างกันอย่างไร โดยในการสุ่มสัญญาณนั้นจะเลือกอัตราสุ่มที่เหมาะสมกับความถี่ของสัญญาณ เพื่อให้เวลาแปลงสัญญาณจะได้ไม่ผิดเพี้ยนและครบถ้วนตามต้นฉบับของไฟล์เสียง ซึ่งจะเรียกว่า ตัวอย่างของสัญญาณ (Sample)

2.3.8.3 ขั้นตอนการแบ่งปัน (Quantization)

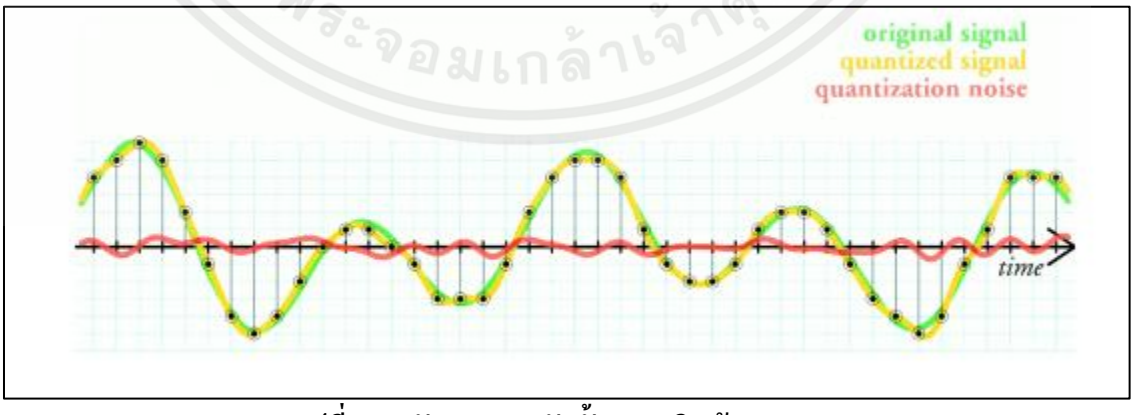
เป็นขั้นตอนที่จะนำตัวอย่างของสัญญาณ (Sample) นั้นไปแปลงและจัดเก็บเป็นเลขฐาน 2 ตามหลักที่กำหนดไว้ ซึ่งการกำหนดเลขฐาน 2 นั้น จะเป็นตัวกำหนดความละเอียดของระดับที่จะใช้ในการ Quantization ของค่าแอมพลิจูดตั้งแต่ -∞ (เบาสุด) ไปจนถึง 0 dBFS (ดังที่สุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 กราฟแสดงการแบ่งระดับไม่เชิงเส้นของ μ-law และ A-law

โดยการแบ่งระดับชั้นนั้นมีด้วยกันอีก 2 แบบ คือแบ่งระดับแบบเชิงเส้นที่แต่ระดับค่าจะมีค่าเท่า และแบบไม่เชิงเส้นที่มีการปรับระดับขั้นในการแบ่งไม่คงที่ เพื่อลด Dynamic range ของสัญญาณลง ซึ่งส่งผลทำให้ขั้นตอนการเข้ารหัส (Coding) มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสัญญาณ PCM ที่มีการแบ่งขั้นระดับชั้นแบบเชิงเส้นนั้นเรียกว่า LPCM (Linear pulse-code modulation)



รูปที่ 2.26 สัญญาณระดับชั้นแบบเชิงเส้น LPCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างจำนวนบิตที่นิยมใช้งาน เช่น

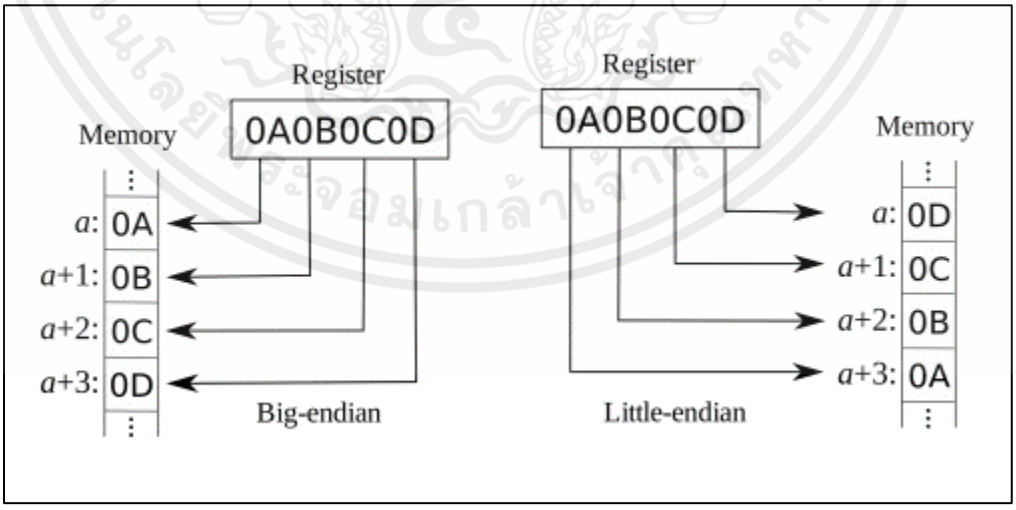
- 16-bit มาตรฐาน CD Audio ความละเอียด 65536 ระดับ (-32768 to + 32767) มี SNR 96.33 dB
- 20-bit มาตรฐาน Blu-ray ความละเอียด 1,048,576 ระดับ (−524,288 to +524,287) มี SNR 120.41 dB
- 24-bit มาตรฐาน DVD-Audio และ Blu-ray ความละเอียด 16,777,216 ระดับ (−8,388,608 to +8,388,607) มี SNR 144.49 dB
- 32-bit มาตรฐาน DXD ความละเอียด 4,294,967,296 ระดับ (−2,147,483,648 to +2,147,483,647) มี SNR 192.66 dB

เนื่องจากข้อจำกัดในทางออกแบบชิ้นส่วนและวงจรของอุปกรณ์ Hard-Ware ในปัจจุบันนั้นทำให้ค่า SNR ที่ใช้งานจริงอยู่ที่ 124 dB หรือ 21-bit นั้นเอง

2.3.8.4 ขั้นตอนการเข้ารหัส (Coding)

เมื่อนำตัวอย่างของสัญญาณ (Sample) ไปแบ่งตามลำดับขั้นมาแล้ว ก็จะนำข้อมูลมาแทนด้วยบิตในแต่ละระดับขั้น แต่เนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลในลักษณะ byte หรือ 8-bit ซึ่งจะเรียงข้อมูล (endianness) ให้ตามระบบของคอมพิวเตอร์

โดยการเรียงข้อมูลจะมี 2 แบบคือ Big-endian ที่จะเรียงข้อมูลแรกสุดก่อน และ Little-endian ที่จะนำข้อมูลหลักสุดท้ายมาเรียงก่อน

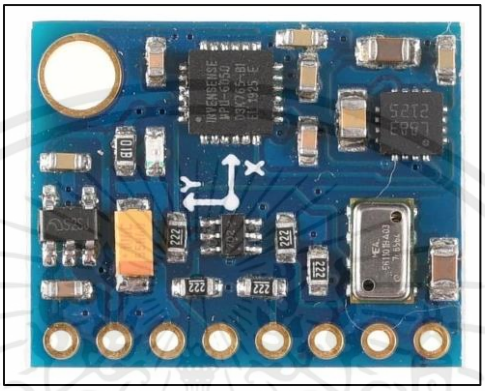


รูปที่ 2.27 การเรียงลำดับแบบ Big-endian และ Little-endian

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.9 Gyroscope & Accelerometer Sensor

Sensor Gyroscope และ Sensor Accelerometer เป็น Sensor ที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่สำคัญมากในโทรศัพท์สมาร์ททุกรุ่นในปัจจุบัน โดยที่ทั้ง 2 Sensor นี้ยังเป็น Sensor ที่เหมือนกันทั้งคู่และยังมีความแตกต่างกัน



รูปที่ 2.28 Gyroscope & Accelerometer Sensor ในปัจจุบัน

Gyroscope และ Accelerometer นั้นถูกคิดค้นในปี พ.ศ 2326 – 2395 ซึ่งจะมีขนาดที่ใหญ่แต่ในปัจจุบันนั้นจะทำให้มีขนาดเล็กมากเพื่อให้สามารถบันจุลงในชิปขนาดเล็กได้ จากรูปที่ 2.26 เป็น Gyroscope & Accelerometer Sensor ที่นิยมนำมาใช้ในการหาค่าทิศทางโดยใช้ Chip MPU-6050 , HMC5883L และ MS5611 โดยการส่งข้อมูลของ Sensor นั้นจะส่งข้อมูลผ่านทาง Bus I^2C ซึ่งง่ายต่อการใช้งานและยังสามารถหาใช้ค่าความกดอากาศได้

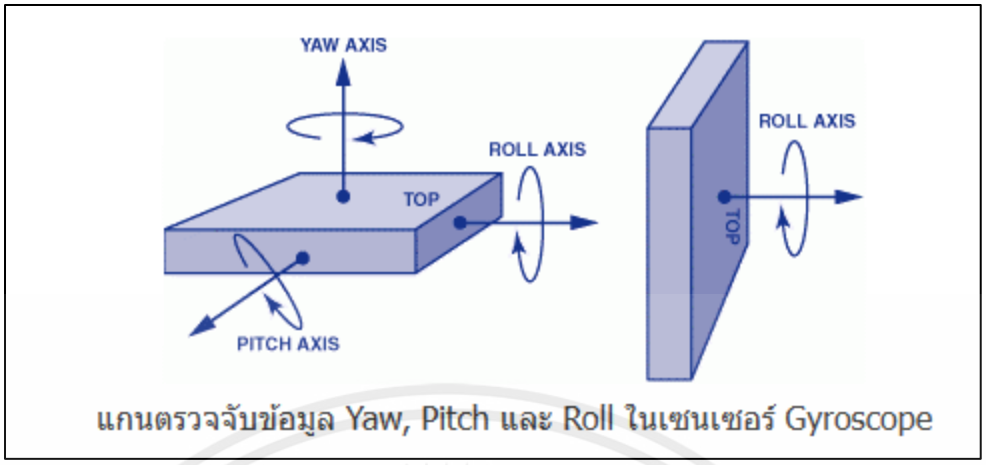
2.3.9.1 Gyroscope Sensor

เป็น Sensor ที่ทำงานโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกในการตรวจหาทิศทางโดยใช้ Rotor ที่อยู่บนกรอบของ Sensor เมื่อมีแรงกระทำจะทำให้ Rotor นั้นขยับและเมื่อ Rotor แตะกับ Sensor ที่อยู่ในกรอบจะทำให้ได้ค่าข้อมูลและนำไปคำนวณออกมาเป็นผลลัพธ์ข้อมูลทิศทางของอุปกรณ์ได้

โดย Gyroscope Sensor นั้นจะมีการตรวจจับข้อมูลในรูปแบบอัตราเชิงมุมด้วยกัน 3 ประเภท ประกอบไปด้วย

1. ค่า Yaw เป็นค่าที่วัดการหมุนในแนวนอนจากด้านบน
2. ค่า Pitch เป็นค่าที่วัดการหมุนในแนวตั้งจากด้านหน้า
3. ค่า Roll เป็นค่าที่วัดการหมุนในแนวนอนจากด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แกน Yaw , Pitch และ Roll

2.3.9.2 Accelerometer Sensor

เป็น Sensor ที่ใช้แรงโน้มถ่วงของโลกในการหาทิศทางเช่นเดียวกับGyroscope Sensor โดย Gyroscope Sensor จะไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนที่ได้ครอบคลุมทุกทิศทาง จึงต้องมี Accelerometer เข้ามาทำงานร่วมกัน

โดย Accelerometer Sensor จะตรวจจับการเคลื่อนที่ที่ไม่เกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วง โดยเมื่อมีการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จะมีความเร็วเกิดขึ้น ซึ่งในความเร็วจะมีอัตราเร่ง โดยภายใน Accelerometer Sensor จะมีผลึกขนาดเล็กเมื่อมีแรงสั่นสะเทือนผลึกจะเข้าสู่ภาวะถูกเค้น (Stress) และทำให้เกิดค่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไปคำนวณเพื่อหาค่าอัตรการเร่งและวิเคราะห์ทิศทางได้

2.4 ระบบปฏิบัติการ freeRTOS

ระบบปฏิบัติการ freeRTOS ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Real Time Engineer โดย freeRTOS ถูกออกแบบมาให้ Microcontroller และ Microprocessor ขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถใช้งานการแบบ Multitasking (การทำงานพร้อมกัน) ในรูปแบบที่เป็น Realtime OS และระบบปฏิบัติการ freeRTOS เป็นระบบปฏิบัติการแบบ Open Source Realtime บน Cloud ซึ่งมี Kernel ทีเสถียรและรวดเร็ว โดยระบบปฏิบัติการ freeRTOS ถูกออกแบบมาเพื่อรันแอปพลิเคชันที่ต้องการความเที่ยงตรงและแม่นยำเรื่องเวลา โดยส่วนใหญ่ Microcontroller นั้นมี CPU Core มากกว่า 1 เช่น ESP32 ก็มี CPU Core 2 ตัว ซึ่งหากเขียนโปแกรมแบบเดิมนั้นจะทำให้ใช้ประสิทธิภาพได้เพียง 1 ตัวเท่านั้น จึงต้องมีการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมแบบ Multitasking เพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้นและสามารถให้ Microcontroller นั้นทำงานหลายๆฟังก์ชันได้

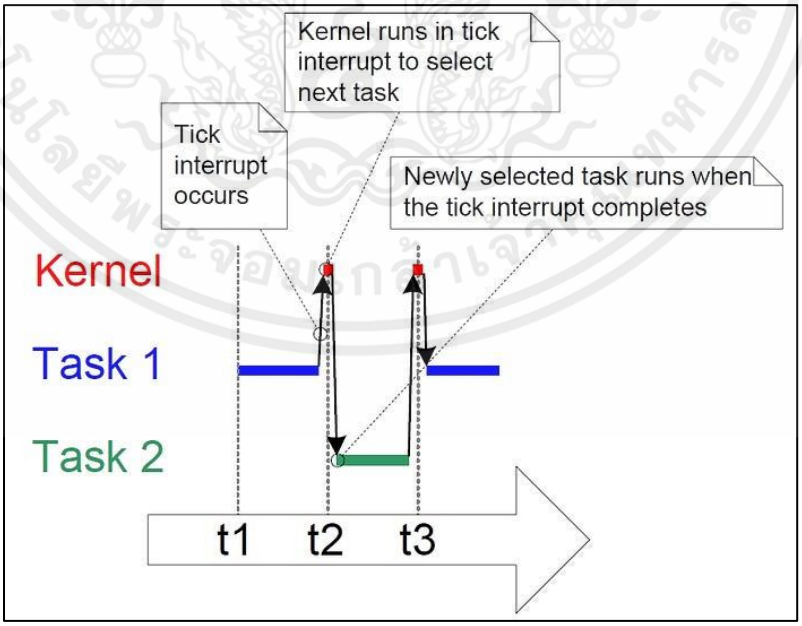
2.4.1 หลักการทำงาน freeRTOS

เป็นการทำงานของโปรแกรม 2 โปรแกรมพร้อมกันจะเรียกว่า Multitasking หรือก็คือกระบวนการทำงานที่วางไว้มากกว่า 1 การทำงานสามารถทำงานได้ไปพร้อมๆกัน เช่น การสั่งให้ไฟกระพริบไปพร้อมๆ กับการสั่งให้อ่านค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ โดยกระบวนการทั้ง 2 กระบวนการนี้จะแยกจากกันอย่างเด็ดขาด แม้จะมีการสั่งหยุดโปรแกรมโดยใช้ฟังก์ชันหยุดโปรแกรมของกระบวนการหนึ่ง ก็จะไม่มีผลกับการทำงานอีกกระบวนการหนึ่ง โดยในการทำงานแบบ Multitasking นั้นจะต้องสร้างฟังก์ชัน Task ขึ้นมาด้วย

ลักษณะของฟังก์ชัน Task

- ต้องเป็นฟังก์ชันที่ทำงานเบ็ดเสร็จในตัวเอง สามารถทำงาน และเรียกใช้งานในฟังก์ชันนั้นไปตลอดโดยไม่มีการ return ออกจากฟังก์ชัน
- เป็นฟังก์ชันที่ไม่มีทางจะทำงานไปจนถึงบรรทัดสุดท้ายของฟังก์ชัน

จากลักษณะของฟังก์ชัน Task นั้น เมื่อถูกเรียกใช้งานขึ้นมาก จะทำงานไปเรื่อยๆไม่มีหยุดและหากต้องการที่จะยกเลิกการทำงานก็สามารถลบ Task นั้นทิ้งไปได้โดยใช้คำสั่ง vTaskDelete และในการสร้าง Task นั้น จะใช้คำสั่ง xTaskCreate , xTaskCreateStatic , xTaskCreatePinnedToCore

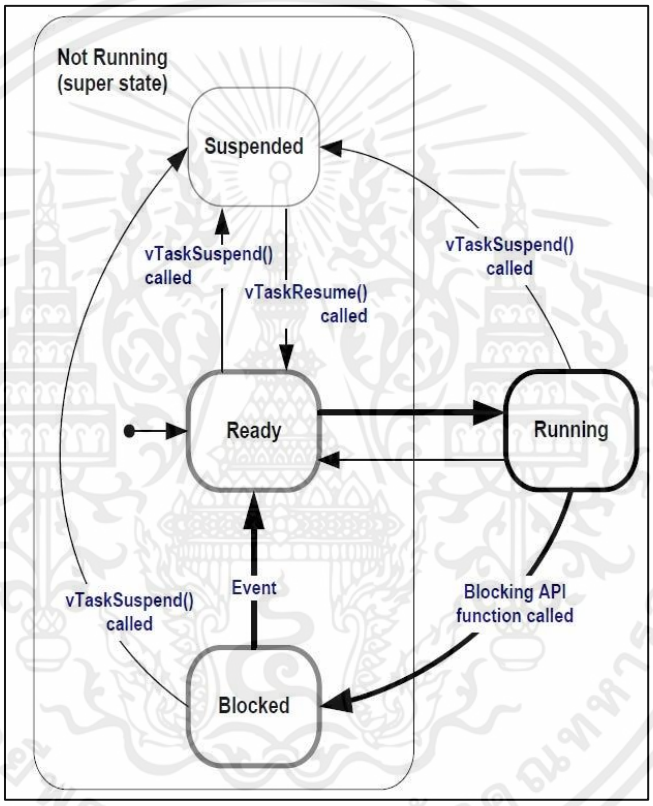


รูปที่ 2.30 การทำงานแบบ Multitasking ด้วย Kernel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.26 ในระบบคอมพิวเตอร์นั้นจะมีระบบปฏิบัติการ OS ที่เป็นตัวระบบปฏิบัติการเองโดย OS นั้นจะจัดการ CPU และ Kernel โดยเมื่อเรียกใช้งานโปรแกรมใดๆ ขึ้นมาทำงาน Kernel ก็จะส่ง CPU ไปให้โปรแกรมนั้น โปรแกรมนั้นจึงจะสามารถใช้ CPU ได้

แต่ Kernel จะไม่สามารถให้โปรแกรมที่ใช้ CPU นั้นตลอด จะให้ใช้ในระยะหนึ่งหลังจากนั้นจะดึง CPU กลับมาที่ Kernel เช่นเดิม โดยคอมพิวเตอร์จะมีนาฬิกาจับเวลาที่คอยส่งสัญญาณ Interrupt เป็นช่วงๆ เมื่อครบเวลา Timer จะ Interrupt CPU ให้กลับมาที่ Kernel



รูปที่ 2.31 Task states

จากรูปที่ 2.27 เมื่อสร้าง Task ขึ้นมาทุก Task จะไปอยู่ที่สถานะ Ready หลังจากนั้น RTOS จะเลือกเอา Task หนึ่งเข้ามาทำงาน Task นั้นก็จะทำงานและจะเปลี่ยนสถานะเป็น Running โดยตัวที่ทำหน้าที่เลือก Task ขึ้นมาทำงานจะมีชื่อว่า Scheduler มีวิธีการดังนี้

- Task ที่มี Priority สูงกว่าจะถูกเลือก
- ถ้าหาก Task มี Priority เท่ากัน จะใช้วิธีวนเลือก (Round Robin) หรือก็คือทุก Task จะได้ทำงานเท่าๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสถานะ Suspend จะเกิดขึ้นจากการกำหนดของโปรแกรมโดยการเรียกใช้ฟังก์ชัน vTaskSuspend ซึ่งจะทำให้ Task นั้นถูก Holding เอาไว้และไม่สามารถใช้งานได้จนกว่าจะเรียกใช้ฟังก์ชัน vTaskResume

และสถานะ Blocked นั้น จะเกิดขึ้นจากการที่ Task นั้นรอการทำงาน เช่น รอ Input ในขณะรอ Task นั้นก็จะทำอะไรไม่ได้จึงเปลี่ยนสถานะมาเป็น Blocked เมื่อได้รับ Input แล้วจึงจะเปลี่ยนสถานะเป็น Ready และทำงานต่อไป

2.4.2 freeRTOS Queue

freeRTOS Queue เป็น Queue ที่ใช้สื่อสารระหว่าง Task โดยจะเป็นแบบ First in First out (FIFO) โดยตัว Data ที่ส่งเข้า Queue จะใช้ Pointer สำหรับการ Blocked โดยการ Blocked ของ Queue นั้นมีดังนี้

- หาก Queue ว่าง แล้วมี Task มา Get Data ตัว Task นั้นจะถูก Blocked
- หาก Queue เต็ม แล้วมี Task ส่ง Data เข้ามา Task นั้นจะถูก Blocked
- หากมี Task หลาย Task เข้ามาใช้ Queue พร้อมกัน Task ที่ Priority สูงกว่าจะได้ใช้ก่อน

2.4.3 Semaphore

Semaphore เป็นโครงสร้างข้อมูลที่สามารถเก็บข้อมูล Tokens และมีฟังก์ชันการใช้งานคือ Take ในการสร้าง Semaphore เพื่อใช้งานจะต้องมีการกำหนด Capacity โดย 1 Capacity จะเรียกว่า Binary Semaphore หากมีมากกว่า 1 จะเรียกว่า Counting Semaphore

โดย Task สามารถดึงข้อมูล Token ออกจาก Semaphore ได้ ถ้ามีข้อมูลเหลืออยู่ แต่ถ้าหากไม่มีข้อมูลเหลือ Task จะทำการนำ Token ออกไป (Take) และเปลี่ยนสถานะจาก Runing ไปเป็น Blocked เพื่อหยุดรอจนกว่าจะมี Token ถูกนำกลับมาใส่คืนอย่างน้อย 1 Token หลังจากนั้น Task ถึงจะสามารถขอ Token ใหม่ได้อีกครั้ง โดยฟังก์ชันของ freeRTOS ที่เกี่ยวข้องกับ Semaphores มีดังนี้

- xSemaphoreCreateBinary เป็นคำสั่งที่ใช้สร้าง Binary Semaphore และใช้หน่วยความจำของ freeRTOS Heap ในการเก็บข้อมูล
- xSemaphoreCreateCounting เป็นคำสั่งที่ใช้สร้าง Counting Semaphore และใช้หน่วยความจำของ freeRTOS Heap ในการเก็บข้อมูล
- xSemaphoreTake นำ Token ออกจาก Semaphore
- xSemaphoreGive นำ Token มาคืนใน Semaphore
- xSemaphoreTakenFromISR นำ Token ออกไปโดยเรียกใช้จาก ISR

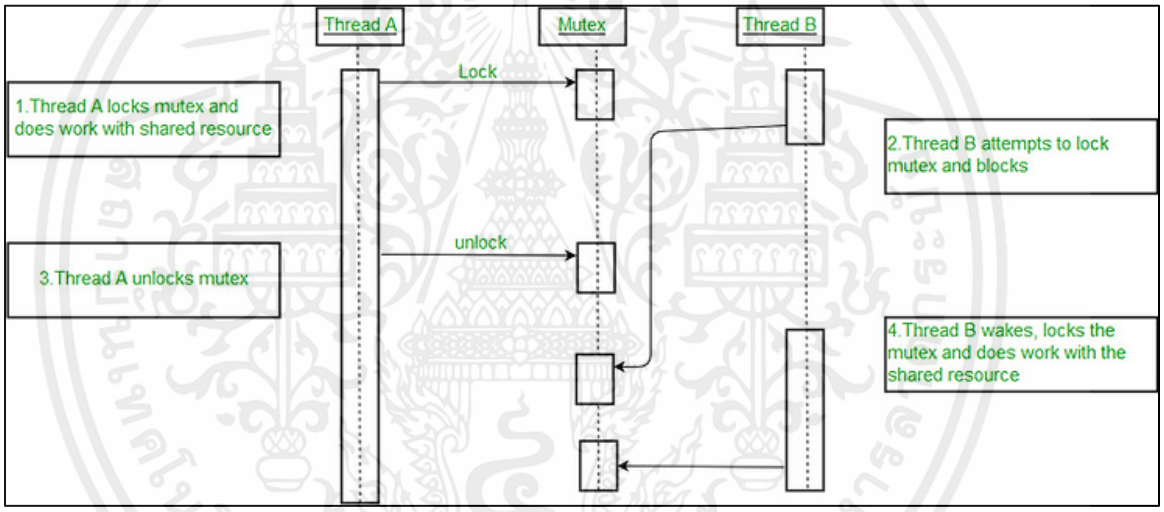
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- xSemaphoreGivenFromISR นำ Token มาคืนโดยเรียกใช้จาก ISR
- vSemaphoreDelete ใช้สำหรับลบการทำงานของฟังก์ชัน Semaphore

2.4.4 Mutexes

Mutexes เป็น Semaphore แบบหนึ่งที่ใช้ป้องกันการเข้าใช้ทรัพยากรเดียวกันในระยะเวลาเดียวกันจากหลายๆ Task โดยจะใช้คำสั่ง Take และ Give ป้องกันโค้ดในส่วนที่ต้องการ

โดย freeRTOS มองว่า Mutexes คือการสร้างกุญแจมา 1 ดอก เมื่อ Task ต้องการเข้าถึงทรัพยากรจะต้องนำกุญแจออกไป เมื่อทำงานเสร็จจึงนำกุญแจกลับมาคืน โดยการนำกุญแจออกไปนั้นจะเรียกว่า Take และการนำมาคืนคือ Give ทุกครั้งที่มีการ Take เมื่อโค้ดโปรแกรมทำงานเสร็จจะต้องมีการ Give เสมอ เพื่อให้ Task อื่นสามารถใช้ทรัพยากรต่อได้



รูปที่ 2.32 โครงสร้างการทำงานของ Mutexes

จากรูปที่ 2.28 จะเป็นโครงสร้างการทำงานของ Mutexes โดยจะใช้คำว่า Lock และ Unlock แทนคำว่า Take และ Given โดยจากรูปจะเป็นการใช้ Mutexes เพื่อ Lock การใช้ทรัพยากร จาก Task A และ Task B

นอกจากนี้ฟังก์ชัน Mutexes ยังมีการวนซ้ำหรือก็คือ Recursive Mutexs เป็นการใช้งาน Take กับ Give ซ้ำๆ เช่น เมื่อมีการ Take 5 ครั้ง ก็จะมีการ Give 5 ครั้ง Mutexes และ Recursive Mutexs ไม่สามารถใช้ร่วมกับ Interrupts ได้ เพราะ Interrupts มีระบบ Priority แต่ Mutexes นั้นเป็นการทำงานที่ไม่ได้สน Priority และการ Blocked ซึ่งระบบของ Mutexes ฟังก์ชัน Interrupts ไม่ควรถูก Blocked

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 RTOS Task Notifications

freeRTOS นั้นทุกๆ Task จะประกอบไปด้วย 32-bits Notification โดยตัว RTOS Task Notification คือ event ที่จะทำการส่งข้อมูลหนึ่งไปยัง Unblock อีก Task ได้ และสามารถ Update ข้อมูล Notification ได้ด้วย

การ Update ข้อมูล Notification ที่ทำได้ ได้แก่

- การตั้งค่า Notification value โดยที่ไม่มีการ overwrite
- การตั้งค่า Notification value ด้วยการ overwrite (overwrite notification value)
- การตั้งค่าจำนวน bit ของการ Notification value ตั้งแต่ 1 bit หรือมากกว่า
- เพิ่มค่า Notification value ที่ Task รับข้อมูลเข้ามา

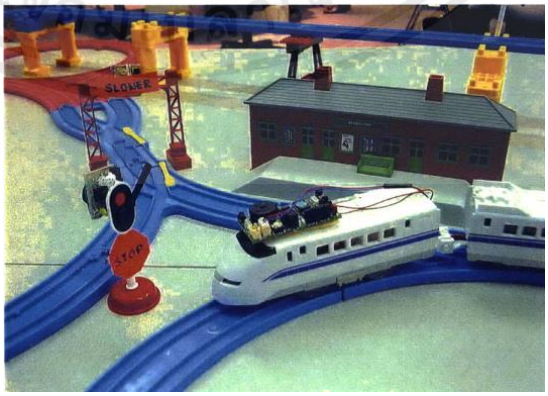
โดยการใช้งาน Notification นั้นมีการส่งข้อมูลที่เร็วกว่า Semaphore 45% และใช้ Memory น้อยกว่า ทำให้มีการนำไปใช้ทำ lightweight semaphore, lightweight semaphore counting, lightweight event group, lightweight mailbox

แต่ Notification นั้นก็มีข้อจำกัดคือการส่ง Notification นั้นจะส่งไปได้แค่ Task เดียวเท่านั้น และในกรณีที่ทำ Notification มาใช้แทน Queue ตัว Sending Task จะเปลี่ยนสถานะไปเป็น Blocked ไม่ได้จนกว่าจะส่ง Notification ไปยัง Receiving Task จนเสร็จ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 Tangible Programming with Trains

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างสภาพแวดล้อมการเล่นแบบโต้ตอบโดยอิงจากรถไฟของเล่นที่จะให้เด็กเล็กเรียนรู้แนวคิดก่อนการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 2.33 เรียนรู้แนวคิดก่อนการเขียนโปรแกรมไปกับชุดรถไฟของเล่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตัวรถไฟของเล่นนั้นมีไมโครโปรเซสเซอร์ขนาดเล็ก และ ตัวรับสัญญาณอินฟาเรด รอบรางมีป้ายบอกทางจำนวนมากเป็นระยะ ป้ายบอกทางจะมีเครื่องส่งสัญญาณอินฟาเรด เด็กสามารถควบคุมรถไฟได้เองโดยไม่ต้องใช้รีโมทคอนโทรลเลอร์ที่มากับชุดรถไฟของเล่น สามารถควบคุมได้โดยการนำป้ายสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น หยุด, เร็ว, ช้าลง, เปิดไฟ, ปิดไฟ และ เสียงแตร พบว่าเด็กจะรู้สึกว่าการสร้างสถานการณ์ต่างๆอย่างสมจริง ทำให้สนุกสนาน มีส่วนร่วมกับกิจกรรมการเขียนโปรแกรมชนิดหนึ่ง และ เข้าถึงได้ง่ายมากยิ่งขึ้น เช่น สั่งให้รถไฟเปิดไฟเมื่อรถไฟเดินทางผ่านลอดอุโมงค์

2.5.2 การพัฒนาโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ด้วยคิวอาร์โค้ดเพื่อควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้ด้วยคิวอาร์โค้ดเพื่อให้เด็กประถมศึกษาได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ โดยจะมีภาพรวมของระบบอยู่ทั้งหมด 3 อย่าง

1. หุ่นยนต์การ์ดคำสั่งรูปทรงเต่า หุ่นยนต์จะสามารถรับคำสั่งจากโทรศัพท์มือถือโดยการสื่อสารผ่านบลูทูธ

2. แอปพลิเคชันสำหรับใช้งานการอ่านการ์ดคำสั่งคิวอาร์โค้ด

3. คำสั่งบนการ์ดคำสั่ง มีคำสั่งพื้นฐานดังนี้ คำสั่งเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เริ่มต้น หยุด หน่วงเวลา เป็นต้น

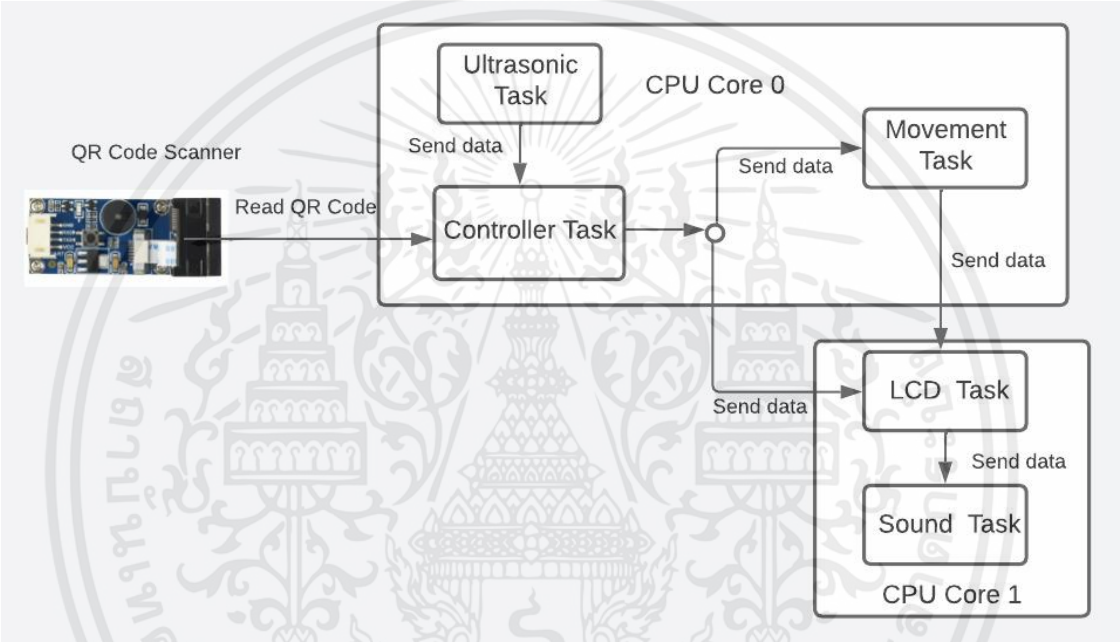
รูปที่ 2.34 ภาพรวมของหุ่นยนต์และโปรแกรม

ผลของงานวิจัยพบว่าโปรแกรมที่สัมผัสและรู้สึกได้โดยการกำหนดรหัสคำสั่งด้วยคิวอาร์โค้ด ทำให้เด็กสามารถเรียนรู้และเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ได้โดยไม่ต้องใช้โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์การส่งรหัสคำสั่งด้วยคิวอาร์โค้ดสามารถทำงานได้โดยไม่มีข้อผิดพลาด เด็กเกิดการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมใน 2 รูปแบบคือ 1) คำสั่งแบบลำดับ และ 2) คำสั่งวนซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนา

3.1 โครงสร้างของระบบ



รูปที่ 3.1 System Diagram

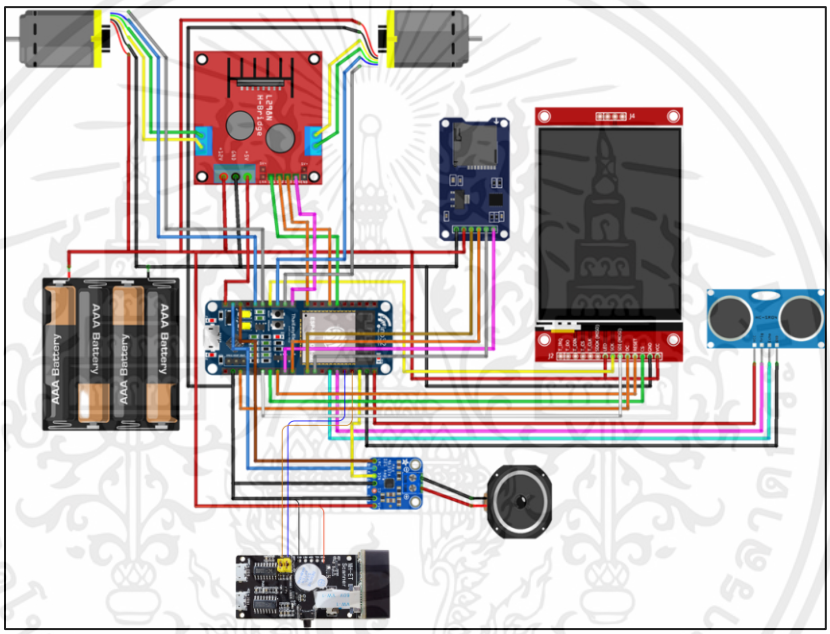
เนื่องจากโครงงานชิ้นนี้มีหลายองค์ประกอบที่ต้องทำงานร่วมกัน ทำให้การเขียนโปรแกรมแบบ Single Task และ Single Core นั้นมีปัญหา จึงได้ทำการเขียนโปรแกรมในรูปแบบ Multitasking และ Multicore โดยใช้ระบบปฏิบัติการ FreeRTOS จากรูป 3.1 เป็น System Diagram แสดง Task ทั้งหมดที่ใช้ในโครงการ โดยจะประกอบไปด้วย Controller Task ทำงานที่ Core 0 เป็น Task ไว้สำหรับอ่านการ์ดคำสั่ง จากนั้นจึงนำข้อมูลจากการ์ดคำสั่งที่ได้ส่งไปยัง FreeRTos Queue โดยใช้การสื่อสารระหว่าง Task แบบ First In First Out (FIFO) ให้แต่ละ Task มี Queue เป็นของตัวเอง จากนั้นแต่ละ Taskจะรับข้อมูลจาก Queue แล้วสั่งให้หุ่นยนต์ทำงานโดย Task ต่างๆมีดังนี้

1. Movement Task เป็น Task การสั่งงานมอเตอร์เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ ทำงานที่ CPU Core 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Display LCD Task เป็น Task เกี่ยวกับการแสดงผลผ่านจอภาพ ทำงานที่ CPU Core 1
3. Sound Task เป็น Task เกี่ยวกับเพลงแสดงผลผ่านทางลำโพง ทำงานที่ CPU Core 1
4. Ultrasonic Task เป็น Task เกี่ยวกับการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ทำงานที่ CPU Core 0

3.2 Hardware Diagram

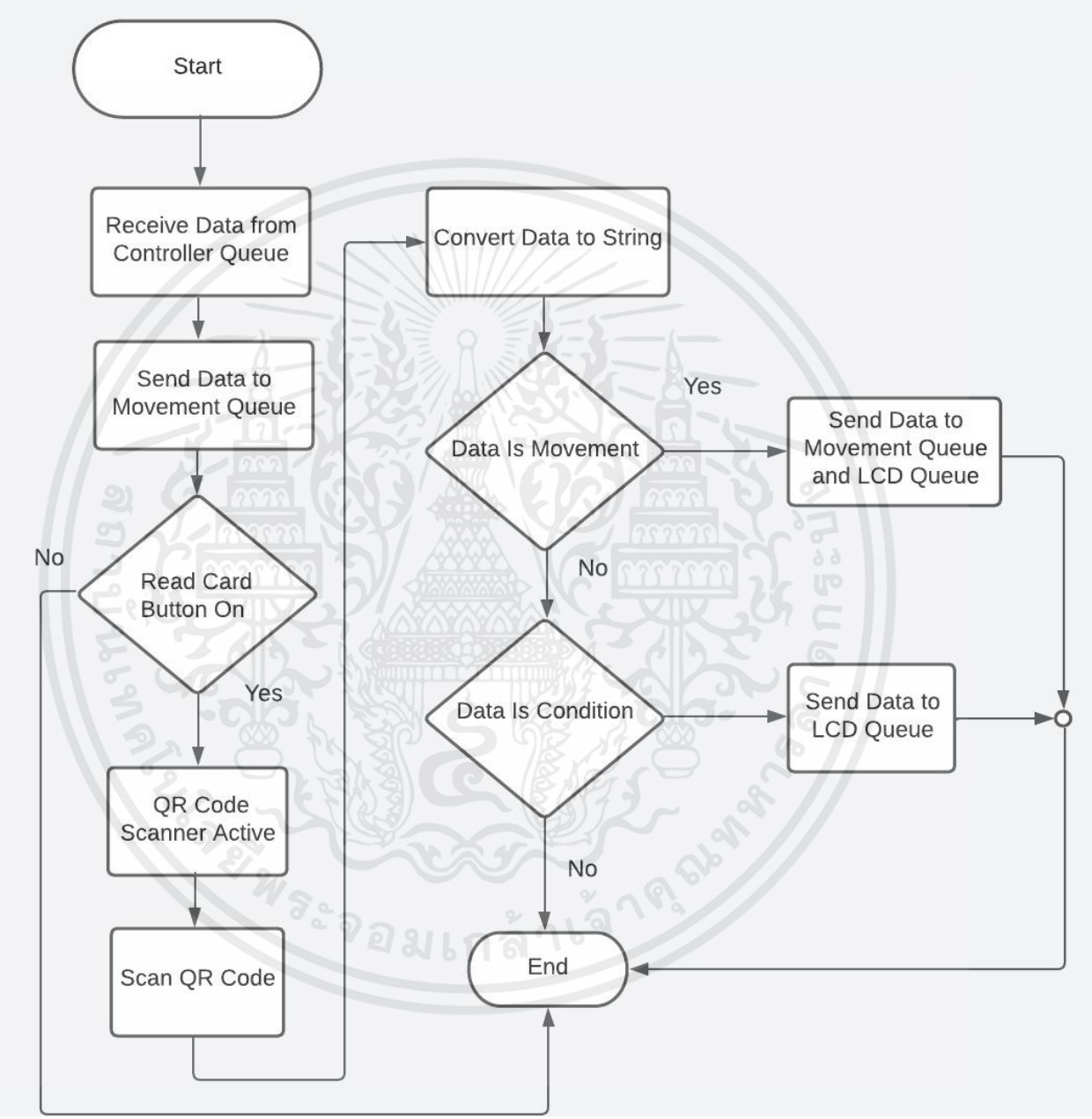


รูปที่ 3.2 Hardware Diagram

ส่วนประกอบของ Hardware Diagram ประกอบไปด้วย Controller ESP32 สำหรับควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ Driver Motor ที่สามารถเชื่อมต่อกับมอเตอร์กระแสตรงได้ 2 ตัว โดยมีไฟเลี้ยงจาก Battery 5 V มี I2S Amplifier ที่มาพร้อมกับ SD Card Breakout เพื่อเก็บข้อมูลไฟล์เสียงให้กับ I2S Amplifier ในการเล่นเสียง จอ LCD TFT ที่เป็น Display สำหรับแสดงการทำงานของ Emoji และสถานะการทำงานของ Controller สุดท้ายคือ Scanner QR Code Module ที่เอาไว้สำหรับอ่านค่าการ์ดคำสั่งที่เป็นรูปแบบ QR Code เพื่อส่งไปยัง Controller ให้ประมวลผลโดยอุปกรณ์ทั้งหมดนั้นใช้ไฟเลี้ยงจาก Battery 5 V เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 Controller Task Flowchart



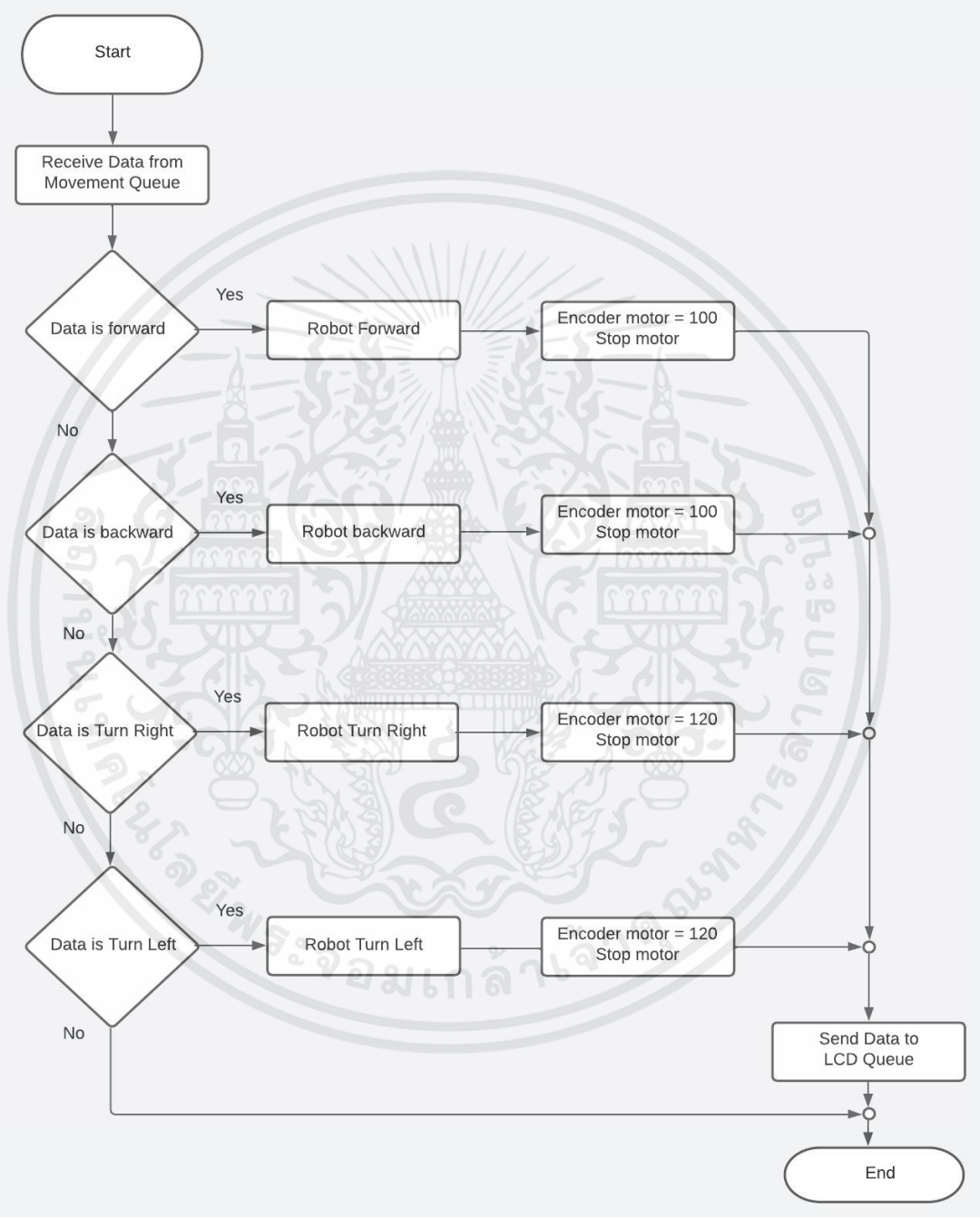
รูปที่ 3.3 Controller Task Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ Controller Task ใช้ในการทั้งรับข้อมูลและส่งข้อมูลระหว่าง Task โดยจะรับข้อมูลจาก Controller Queue ซึ่งข้อมูลนี้จะมาจาก Ultrasonic Task ใช้ในการเช็คสถานะว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้าหุ่นยนต์ในระยะที่กำหนด หลังจากรับข้อมูลจึงส่งข้อมูลไปยัง Movement Task ใช้ในการส่งข้อมูลระหว่าง Task จะทำการเช็คว่าสถานะของปุ่ม Read Card เท่ากับ ON หากเป็นจริงจะทำการสั่งให้ QR Code Scanner ทำงานแล้วจึงนำการ์ดคำสั่งไปสแกนด้านหน้าของ QR Code Scanner หลังจากสแกนเสร็จแล้วข้อมูลที่ได้สแกนเข้าไปจะถูกแปลงจาก Char เป็น String แล้วจึงทำการเช็คเงื่อนไขว่าข้อมูลที่ได้รับมาเป็นประเภทใด หากเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ (เดินหน้า, ถอยหลัง, เลี้ยวซ้าย, เลี้ยวขวา) จะส่งข้อมูลไปยัง Movement Queue และ LCD Queue เพื่อนำไปใช้ในการแสดงผลภาพและควบคุมมอเตอร์ หากเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการ์ดไอเทม อุปสรรค เงื่อนไข If-Else จะทำการส่งข้อมูลไปยัง LCD Queue เพียง Queue เดียวเพื่อนำไปใช้ในการแสดงผลภาพ หากปุ่ม Read Card เท่ากับ OFF QR Code Scanner ก็จะไม่ทำงานแต่เนื่องจาก Task นี้ใช้การทำงานแบบ FreeRTOS แม้ QR Code Scanner ไม่ทำงานแต่ก็จะยังมีการรับข้อมูลจาก Controller Queue เพื่อส่งค่าไปให้ Movement Task อยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 Movement Task Flowchart



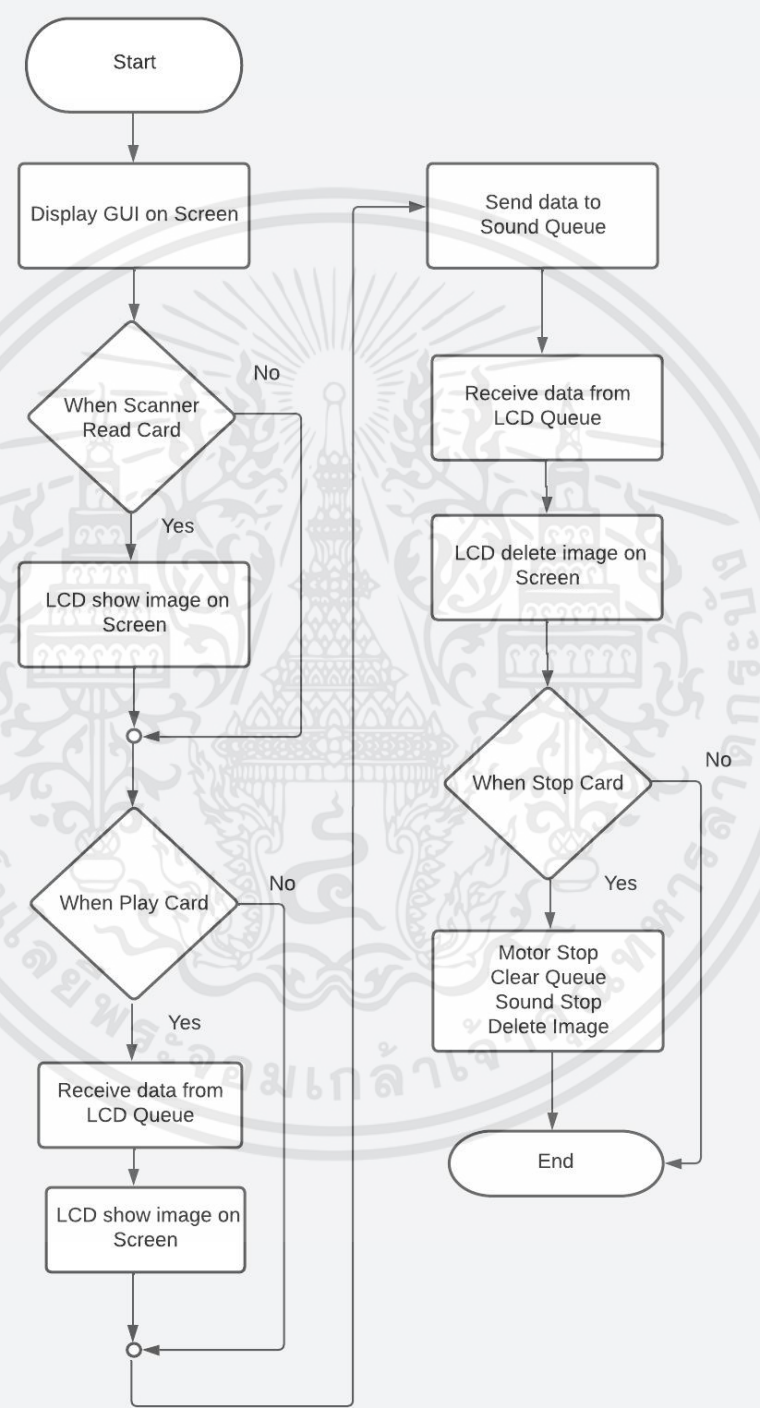
รูปที่ 3.4 Movement Task Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Movement Task เป็น Task ที่ทำหน้าที่ในการควบคุม DC Motor และ Encoder Motor โดยจะรับค่าจาก Movement Queue ที่ข้อมูลนั้นถูกส่งมาจาก Controller Task หลังจากนั้นจึงตรวจสอบว่าข้อมูลเป็นการเคลื่อนที่แบบใด หากเป็นการเคลื่อนที่แบบเดินหน้าจะให้หุ่นยนต์เดินหน้า การเคลื่อนที่แบบถอยหลังจะให้หุ่นยนต์ถอยหลัง หากค่า pulse ที่วัดได้จาก Encoder motor >= 100 จะสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงานทันที หากเป็นการเคลื่อนที่แบบเลี้ยวซ้ายจะให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย การเคลื่อนที่แบบเลี้ยวขวาจะให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวา หากค่า pulse ที่วัดได้จาก Encoder motor >= 120 จะสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงานทันที โดยทุกครั้งที่มอเตอร์หยุดทำงานจะต้องส่งข้อมูลไปยัง LCD Queue เพื่อเป็นการบ่งบอก LCD Task ว่าหุ่นยนต์ทำการเคลื่อนที่เสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Display LCD Task Flowchart



รูปที่ 3.5 Display LCD Task Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Display LCD Task ใช้ LittleVGL ในการสร้าง GUI สำหรับแสดงผลบนจอประกอบไปด้วยปุ่ม 3 ปุ่ม Read, Play, Stop การทำงานของ Display LCD Task จะแบ่งเป็น 3 ส่วน

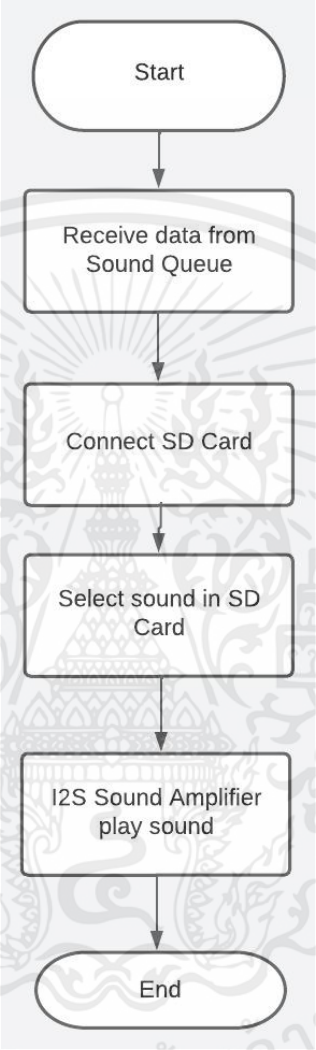
1. การเช็คทุกครั้งที่มีการสแกนการ์ดคำสั่งสำเร็จหากเป็นจริงจะทำการแสดงภาพบนจอ LCD ว่าการ์ดคำสั่งที่สแกนเข้ามาคือการ์ดใด

2. การเช็คว่าได้ทำการกดปุ่ม Play หากเป็นจริงจะรับข้อมูลจาก LCD Queue แล้วทำการแสดงผลรูปภาพการ์ดคำสั่งที่ทำงานอยู่ขณะนั้นตามลำดับ และ หากเป็นการ์ดไอเทมจะแสดงรูปภาพที่บนขวาจอเพื่อบ่งบอกถึงสถานะว่าเราเก็บสิ่งของชิ้นนี้ไว้แล้ว จากนั้นจึงส่งข้อมูลไปยัง Sound Queue เพื่อให้ Sound Task นำข้อมูลไปใช้เลือกเพลง เนื่องจากโครงการนี้เป็นการทำงานแบบ Multitasking ส่งผลให้แต่ละ Task ทำงานพร้อมกันทำให้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไม่สอดคล้องกับรูปภาพที่ทำการแสดงจึงต้องให้ Movement Task ส่งข้อมูลเข้า LCD Queue ทุกครั้งที่มอเตอร์ทำงานเสร็จสิ้น Display LCD Task จะรับข้อมูลมาจาก LCD Queue แล้วสั่งให้ลบรูปภาพทิ้งเพื่อให้การทำงานของหุ่นยนต์สอดคล้องกัน

3. การเช็คว่าได้ทำการกดปุ่ม Stop หากกดปุ่มนี้จะทำให้หุ่นยนต์หยุดทำงานโดยทันทีโดยจะเคลียร์ค่าทั้งหมดใน Queue สั่งมอเตอร์หยุดทำงาน ลบรูปภาพทั้งหมดที่แสดงผลบนจอ และ หยุดเล่นเพลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Sound Task Flowchart



รูปที่ 3.6 Sound Task Flowchart

การทำงานของ Sound Task นั้นจะรับข้อมูลจาก Sound Queue ที่ LCD Taskส่งมาเพื่อนำข้อมูลนี้ไปตัดสินใจในการใช้เล่นเพลงหลังจากนั้นจะทำการเชื่อมต่อกับ SD Card เพื่อตรวจสอบไฟล์เสียงเพื่อส่งข้อมูลไปยัง I^2S Amplifier เพื่อเปลี่ยนสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาล็อค ผ่าน DAC แล้วจากนั้นจะทำการเล่นไฟล์เสียงที่เก็บไว้ใน SD Card โดยเสียงมีทั้งหมด 7 เสียงดังนี้

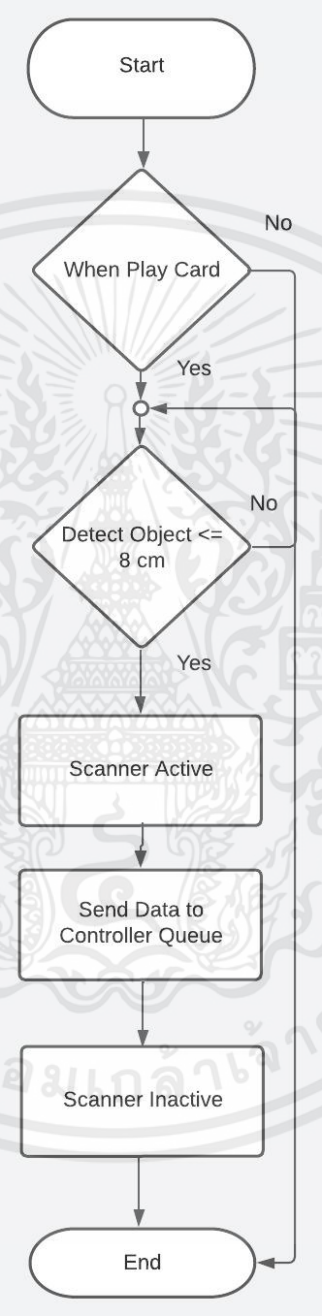
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงที่ใช้ในการทำงานร่วมกับ SD Card

1. เสียงเริ่มภารกิจ
2. เสียงเสร็จสิ้นภารกิจ
3. เสียงเก็บไอเทม
4. เสียงพบเจอมอนสเตอร์
5. เสียงเริ่มทำการต่อสู้
6. เสียงต่อสู้ชนะ
7. เสียงต่อสู้แพ้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 Ultrasonic Task Flowchart

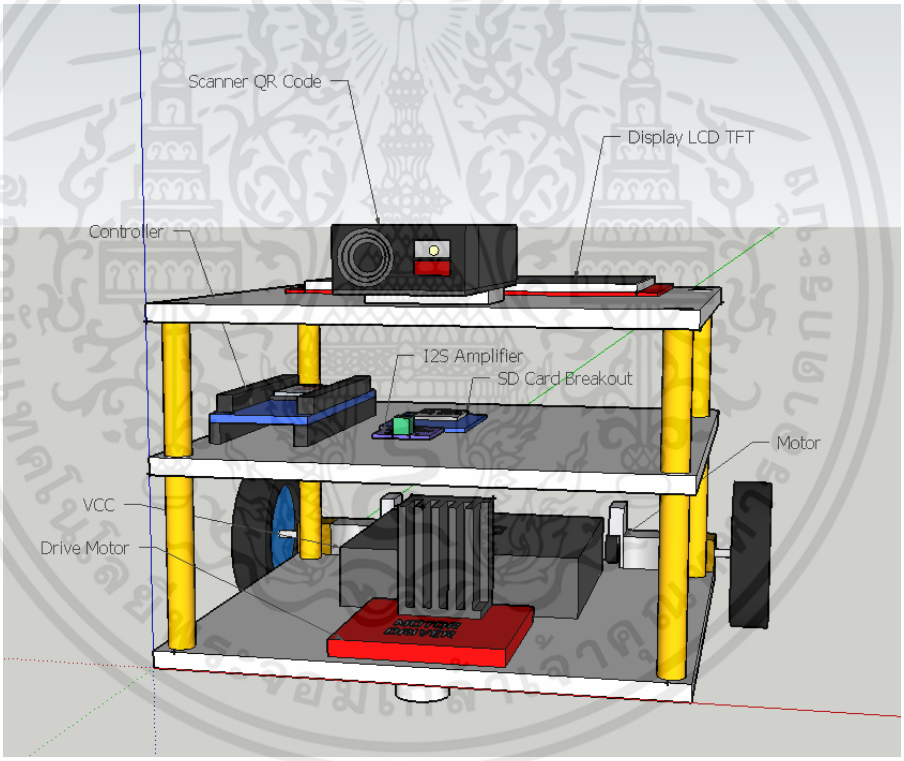


รูปที่ 3.7 Ultrasonic Task Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ultrasonic Task จะทำการเช็คก่อนว่าได้ทำการกดปุ่ม Play แล้วหรือยังเพื่อป้องกันการที่วัตถุอาจอยู่ใกล้หุ่นในตอนที่สแกนการ์ดคำสั่ง หลังจากนั้นหาก Ultrasonic ตรวจจับวัตถุในระยะ 8 cm หรือน้อยกว่า จะทำการสั่งให้ QR Code Scanner ทำงานหากสแกนเจอ QR Code จะส่งข้อมูลไปยัง Controller Queue เพื่อให้ Controller Task ส่งข้อมูลต่อไปยัง Task อื่นให้หุ่นยนต์ทำงานตามการ์ดคำสั่งไอเทมหรือ อุปสรรคที่หุ่นยนต์เจอระหว่างการเล่น.

3.8 แบบหุ่นยนต์การ์ดคำสั่ง



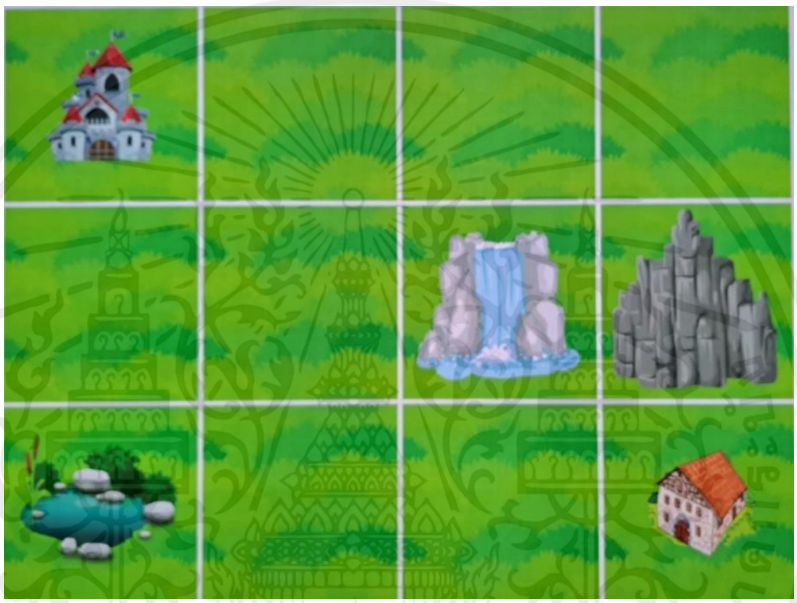
รูปที่ 3.8 ออกแบบหุ่นยนต์การ์ดคำสั่ง

ขนาดของตัวหุ่นยนต์ กว้าง * ยาว * สูง จะอยู่ที่ 12 * 12 * 9.5 เซนติเมตร วัสดุของตัวหุ่นยนต์นั้นจะมีอะคริลิค และ แผง PCB สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อให้วงจรอยู่ที่เดียวกัน และจะมีส่วนที่เป็น Socket สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อความสะดวกต่อการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตัวหุ่นยนต์เป็นหุ้นยนต์ในรูปแบบรถเคลื่อนที่โดย มีการขับเคลื่อนแบบ 2 ล้อ ด้วยไดร์ฟมอเตอร์กระแสตรงขนาด 5 – 12 V และ มอเตอร์กระแสตรง 5 V แบบ Encoder

3.9 แบบแผนที่



รูปที่ 3.9 แบบแผนที่

ใช้ไวนิลเป็นวัสดุในการทำ ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 18 cm. x 18 cm. สกรีนลายสถานที่ต่างๆเพื่อใช้ในการทำภารกิจต่างๆ

3.10 แบบการ์ดคำสั่ง

การ์ดคำสั่งจะมีด้วยกันทั้งหมด 4 ประเภท

1. การ์ดคำสั่งเริ่มต้น และ สิ้นสุด เป็นการ์ดคำสั่งที่ให้เด็กได้รับรู้ว่าหุ่นยนต์ได้เริ่มภารกิจ และเสร็จสิ้นภารกิจแล้ว ขนาด = 7.5 cm. x 10 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 การ์ดคำสั่งเริ่มต้น และ สิ้นสุด

2. การ์ดคำสั่งเคลื่อนที่ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ขนาด = 7.5 cm. x 10 cm.

รูปที่ 3.11 การ์ดคำสั่งเคลื่อนที่เดินหน้าและเลี้ยวซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 การ์ดคำสั่งเคลื่อนที่ถอยหลังและเลี้ยวขวา

3. การ์ดคำสั่งเงื่อนไข If-Else แทนการพบเจอ หรือ ไม่พบเจอการ์ดไอเทม และ การ์ดอุปสรรคบนแผนที่ ขนาด = 7.5 cm. x 10 cm.

รูปที่ 3.13 การ์ดคำสั่งเงื่อนไข If-Else

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การ์ดคำสั่งไอเทม และ การ์ดคำสั่งอุปสรรค จะตั้งอยู่ตามจุดต่างๆบนแผนที่ ขนาด = 7.5 cm. x 13.5 cm.

รูปที่ 3.14 การ์ดคำสั่งไอเทม และ อุปสรรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทำงาน

4.1 ส่วนของการศึกษาและทดสอบ QR Code Scanner

4.1.1 การทดสอบอุปกรณ์สแกน QR Code นำมาแสดงค่าใน Notepad เชื่อมต่อแบบ HID

4.1.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อทดสอบอุปกรณ์ว่าสามารถทำงานได้ตามปกติ โดยการสแกน QR Code แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้จากการอ่าน QR Code นำมาแสดงใน Notepad

4.1.1.2 วิธีการทดลอง

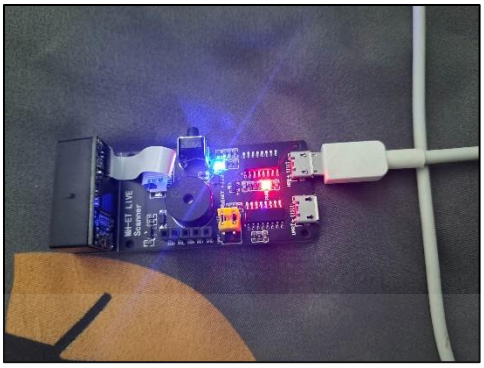
ทดสอบผ่านโปรแกรม Notepad เป็นการทดสอบโดยต่อ QR Code Scanner ตรงเข้าหาคอมพิวเตอร์โดยไม่ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้การเชื่อมต่อแบบ HID เพื่อทดสอบการทำงานว่าสามารถสแกนคิวอาร์โค้ดบาร์โค้ดแล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผล

รูปที่ 4.1 แสดงผลการสแกนผ่าน Notepad โดยเชื่อมต่อแบบ HID

4.1.1.3 ผลการทดลอง

QR Code Scanner ที่เชื่อมต่อแบบ HID สามารถแสดงผลบน Notepadได้อย่างถูกต้องโดยผลลัพธ์การแสดงผลสำเร็จ แสดงดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการเชื่อมต่อแบบ HID

4.1.2 การทดสอบอุปกรณ์สแกน QR Code นำมาแสดงค่าใน Notepad เชื่อมต่อแบบ UART

4.1.2.1 จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อทดสอบอุปกรณ์ว่าสามารถทำงานร่วมกันกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยการสแกน QR Code แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้จากการอ่าน QR Code นำมาแสดงใน Serial Monitor บน ArdinoIDE

4.1.2.2 วิธีการทดลอง

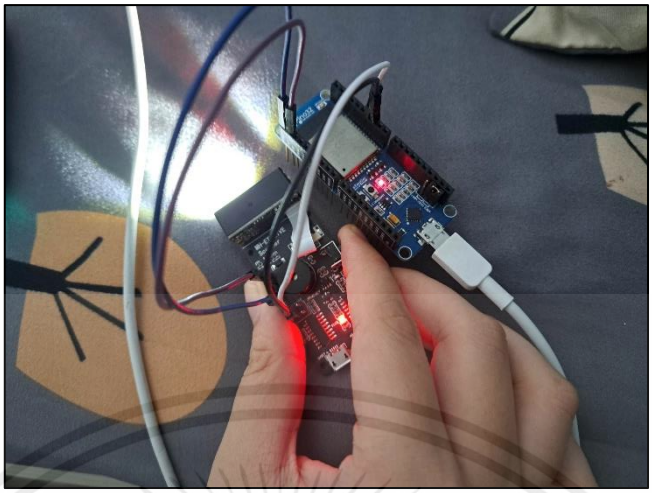
ทดสอบผ่านโปรแกรม ArduinoIDE เป็นการทดสอบโดยต่อ QR Code Scanner เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้การเชื่อมต่อแบบ UART โดยใช้ขา RX TX ในการรับส่งข้อมูลแปลงค่าข้อมูลที่สแกนมาให้เป็น String แล้วนำไปแสดงผลผ่าน Serial Monitor บน ArduinoIDE

รูปที่ 4.3 แสดงผลการสแกนผ่าน Serial Monitor บน ArduinoIDE

4.1.2.3 ผลการทดลอง

QR Code Scanner ที่เชื่อมต่อแบบ UART สามารถแสดงผลบน Notepad ได้อย่างถูกต้องโดยผลลัพธ์การแสดงผลสำเร็จแสดงดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการเชื่อมต่อแบบ UART

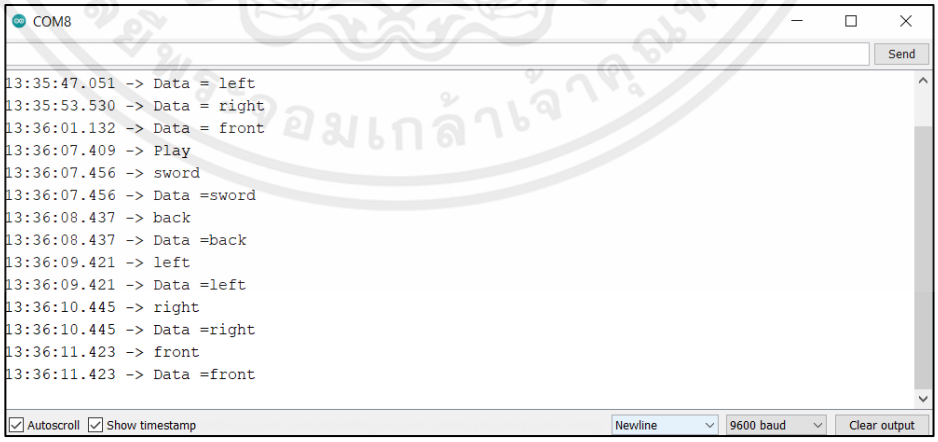
4.1.3 การทดสอบ QR Code Scanner ว่าทำงานได้ถูกต้องตามลำดับการป้อนการ์ดคำสั่ง

4.1.3.1 จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อทดสอบว่า QR Code Scanner สามารถแสดงผลลัพธ์ออกมาได้ตรงตามลำดับการป้อนของการ์ดคำสั่ง

4.1.3.2 วิธีการทดลอง

ทดสอบผ่านโปรแกรม Arduino IDE โดยดูค่าจาก Serial Monitor ว่าข้อมูลที่ป้อนไปทำการแสดงออกมาตามลำดับอย่างถูกต้อง



รูปที่ 4.5 แสดงผลข้อมูลการ์ดคำสั่งตามลำดับที่ป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การทดสอบ QR Code Scanner ใช้ร่วมกับ freeRTOS สั่งการมอเตอร์ให้ทำงาน

4.1.4.1 จุดประสงค์การทดลอง

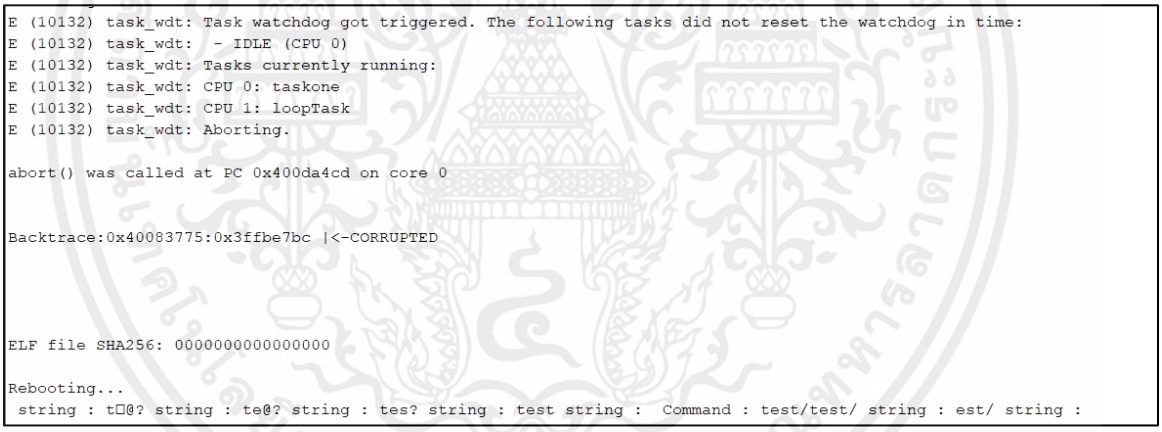
เพื่อทดสอบว่า QR Code Scanner สามารถเก็บข้อมูลแล้วดึงข้อมูลจาก Queue ไปใช้ในการสั่งการให้มอเตอร์ทำงานทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้

4.1.4.2 วิธีการทดลอง

ทดสอบผ่านโปรแกรม Arduino IDE ใช้การทำงานแบบ Multitasking ทำงานบน freeRTOS สแกน QR Code หากค่าที่สแกนมาข้อมูล = test/ จะสั่งให้มอเตอร์ทำงาน

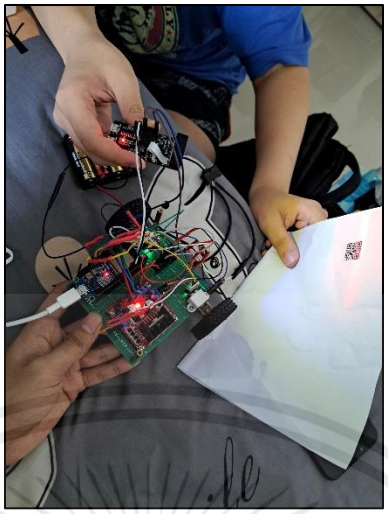
4.1.4.3 ผลการทดลอง

QR Code Scanner สามารถใช้งานร่วมกับมอเตอร์แสดงผลออกมาเป็นการเคลื่อนที่และแสดงข้อมูลที่รับบน Arduino IDE ได้อย่างถูกต้องแสดงการทำงานว่าขณะนี้ทำงานอยู่ที่ CPU Coreใดโดยผลลัพธ์การแสดงผลสำเร็จ แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงผลการทำงานของ CPU Core และ ค่าที่สแกนได้จาก QR Code Scanner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงการเชื่อมต่อ QR Code Scanner กับ Motor

4.1.5 การทดสอบ QR Code Scanner ใช้ร่วมกับ freeRTOS สั่งการจอ TFT LCD ให้ทำงาน

4.1.5.1 จุดประสงค์การทดลอง

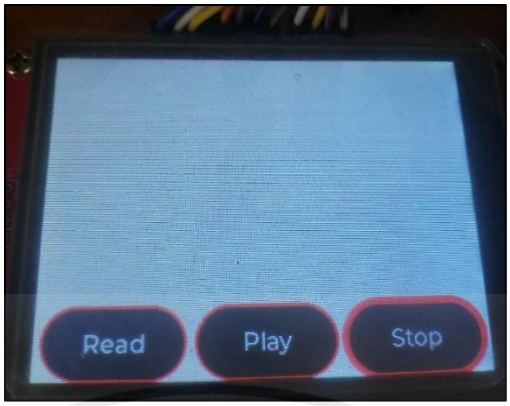
เพื่อตรวจสอบว่าสามารถใช้จอ TFT LCD เป็นจอแสดงผล สั่งการหุ่นยนต์ผ่านการสัมผัสจอ และ แสดงผลรูปภาพการ์ดคำสั่งทางจอภาพ

4.1.5.2 วิธีการทดลอง

ทดสอบโดยการกดปุ่มทัชสกรีนบนจอ TFT LCD ว่าสามารถสั่งให้ Scanner ทำงานแล้วเก็บค่าข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผล และ ลบรูปภาพบนจอ TFT LCD ได้

รูปที่ 4.8 แสดงผลการ์ดคำสั่งด้วยรูปภาพผ่านจอ TFT LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ลบการ์ดคำสั่งที่แสดงผลแล้วโดยการกดปุ่ม Stop

4.1.5.3 ผลการทดลอง

แสดงผลรูปภาพเมื่อกดปุ่ม Play และ ลบรูปภาพเมื่อกดปุ่ม Stop ได้อย่างถูกต้อง และทำงานได้ตามที่ออกแบบ

4.2 ส่วนของการศึกษาและทดสอบ Encoder Motor

4.2.1 การทดลองใช้ Encoder Motor หาองศาการหมุนของมอเตอร์

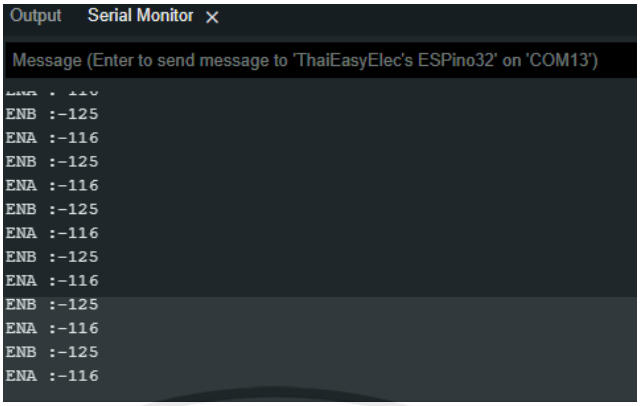
4.2.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อหาองศาการเลี้ยวของหุ่นยนต์ให้ได้ 90 องศา

4.2.1.2 วิธีการทดลอง

ทดสอบ Encoder Motor ผ่าน Serial Monitor บน Arduino IDE โดยเมื่อหมุนมอเตอร์จะเกิดการ Interrupt และ ทำให้ Encoder ส่งค่าสัญญาณมาแสดงที่ Serial Monitor โดยสามารถนำค่าที่ได้นี้ไปคำนวณหาองศาการเลี้ยวของมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



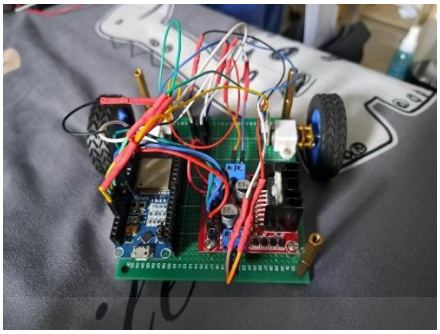
รูปที่ 4.10 หาองศาการหมุนของมอเตอร์ในการเลี้ยวซ้าย ค่าที่ได้ประมาณ -100 ถึง -150

รูปที่ 4.11 หาองศาการหมุนของมอเตอร์ในการเลี้ยวขวา ค่าที่ได้ประมาณ 100 ถึง 150

4.2.1.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองหาค่าสัญญาณจาก Encoder Motor โดยค่าสัญญาณที่ได้ในการหาค่าองศา ที่ส่งมานั้นยังมีค่าที่ผิดเพี้ยนเล็กน้อยและเมื่อนำไปหาค่าองศาจะพบว่าผิดเพี้ยนประมาณ 2 ถึง 5 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ตัวทดลองการหมุนของมอเตอร์

4.3 ส่วนของการศึกษาและทดสอบการเคลื่อนที่

4.3.1 ทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนพื้นห้อง

4.3.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

ทดสอบว่าหากเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยระยะทางที่ไกลขึ้น หุ่นจะยังเดินเป็นเส้นตรงเหมือนเดิมหรือไหม่

4.3.1.2 วิธีการทดลอง

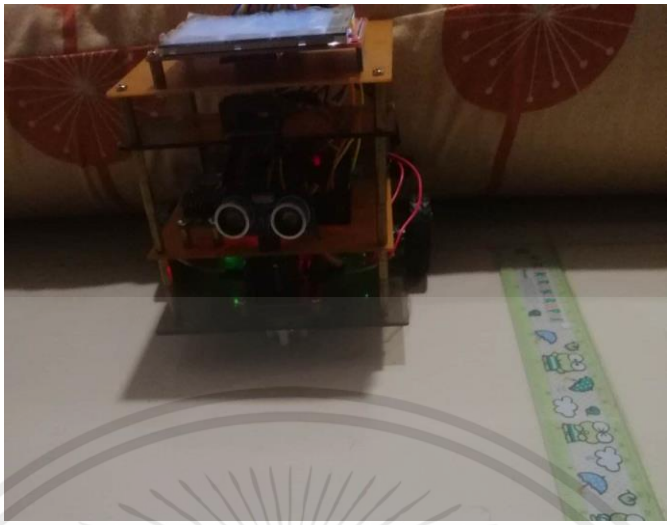
ทดลองโดยการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในระยะ 15 20 25 30 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 รอบเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการบันทึกผล

4.3.1.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

รอบ	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
1	ตรง	ตรง	เริ่มเอียงขวา	เอียงไปทางขวา
2	ตรง	หันขวาเล็กน้อย	หันขวาเล็กน้อย	เริ่มเอียงขวา
3	ตรง	ตรง	ตรง	เอียงไปทางขวา
4	ตรง	ตรง	เริ่มเอียงขวา	หันขวาเล็กน้อย
5	ตรง	หันขวาเล็กน้อย	เริ่มเอียงขวา	เอียงไปทางขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ทดสอบการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนพื้นห้อง

4.3.2 ทดสอบการเคลื่อนที่หันซ้ายขวาบนพื้นห้อง

4.3.2.1 จุดประสงค์การทดลอง

ทดสอบว่าหากเคลื่อนที่หันซ้ายขวาจะสามารถเลี้ยวได้ 90 องศา

4.3.2.2 วิธีการทดลอง

ทดลองโดยการให้หุ่นยนต์หันซ้ายขวาบนพื้นห้อง และหาค่า Encoder pulse value เพื่อใช้ในการหันซ้ายและขวาของหุ่นยนต์

4.3.2.3 ผลการทดลอง

หุ่นยนต์สามารถหันซ้ายและขวาได้แต่มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย โดยจะใช้ Encoder pulse value เท่ากับ 120 เพื่อที่หุ่นยนต์จะหันไปทางซ้ายและขวา

รูปที่ 4.14 ก่อนทดสอบการเคลื่อนที่หันขวา 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 หลังทดสอบการเคลื่อนที่หันขวา 90 องศา

4.4 ส่วนของการศึกษาและทดสอบการทำเสียงด้วย I^2S

4.4.1 การทดลองการเชื่อมต่อ SD Card ร่วมกับ I^2S Amplifier

4.4.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อทดสอบคุณภาพเสียงเพื่อนำมาใช้กับหุ่นยนต์

4.4.1.2 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองร่วมกับ SD card โดยเมื่อเชื่อมต่อ SD card ไมโครคอนโทรลเลอร์จะให้ส่งข้อมูลไฟล์ .mp3 ไปยัง I2S Amplifier เพื่อทำการแปลงเสียงจากแอนะล็อคเป็นดิจิตอล

4.4.1.3 ผลการทดลอง

สามารถเล่นเสียงได้อย่างถูกต้อง

4.5 ส่วนของการศึกษาและทดสอบ Ultrasonic Sensor

4.5.1 การทดลองตรวจจับระยะห่าง

4.5.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

วัดระยะห่างของวัตถุและคำนวณระยะห่างระหว่างวัตถุเพื่อนำไปใช้ในการสแกนป้ายคำสั่งบนแผนที่ โดยหน่วยที่ใช้จะเป็นเซนติเมตร

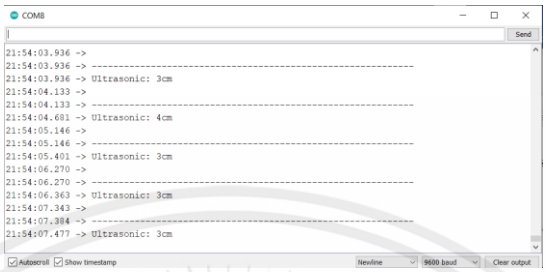
4.5.1.2 วิธีการทดลอง

ทดสอบโดยการวัดระยะห่างของแก้วแล้วดูผลผ่าน Serial Monitor บนโปรแกรม Arduino IDE ว่าสามารถวัดออกมาเป็นเซนติเมตรได้

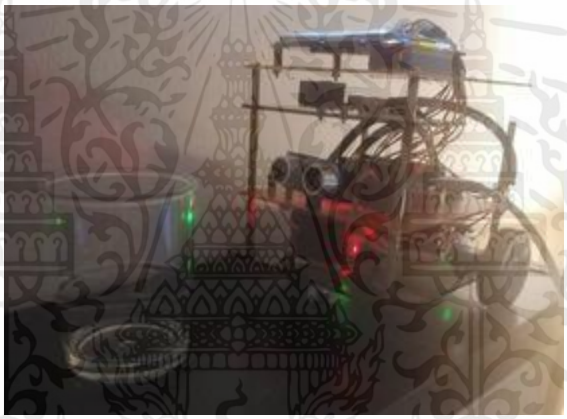
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1.3 ผลการทดลอง

สามารถตรวจจับระยะห่างได้แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ + / - 1 เซนติเมตร



รูปที่ 4.16 แสดงระยะห่างที่ Ultrasonic Sensor ตรวจจับได้



รูปที่ 4.17 การทดลองตรวจจับระยะห่างของวัตถุ

4.6 ส่วนการทำงานของหุ่นยนต์บนแผนที่

4.6.1 การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในแผนที่แต่ละช่อง

4.6.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อทดสอบการเคลื่อที่บนแผนที่ว่าสามารถเดินจากช่องหนึ่งไปยังอีกช่องหนึ่งตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ได้หรือไม่

4.6.1.2 วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบด้วยการใช้งานหุ่นยนต์บนแผนที่โดยจะใช้ Encoder pulse value ในการวัดระยะเพื่อให้ได้ระยะห่างของหุ่นที่เคลื่อนที่ไปแต่ละช่องอย่างเหมาะสม และใช้สัญญาณ PWM เพื่อจำกัดแรงดันไฟฟ้าให้มอเตอร์ทำงานได้เหมาะสมกับแต่ละช่อง

4.6.1.3 ผลการทดลอง

ได้ทำการวัดระยะที่เหมาะสมแต่ละช่องด้วย Encoder pulse value เท่ากับ 100 pulse และได้ทำการทดสอบโดยใช้ PWM โดยได้ทำการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง และแต่ละครั้งจะทำการเปลี่ยนสัญญาณ PWM ที่ละลบ 5 โดยจะไม่ต่ำกว่า 200 เพราะเมื่อ PWM ต่ำกว่า 200 จะไม่สามารถขับกระแสแรงดันและทำให้มอเตอร์ไม่สามารถหมุนได้ และในการทดสอบครั้งที่ 8 ผล อกกมาตรงตามที่คาดไว

ตารางที่ 4.2 การทดสอบการใช้งานร่วมกับแผนที่

จำนวนครั้ง	Encoder pulse value	PWM	ผลที่ได้
1	100	255	หุ่นเคลื่อนที่เกิน 1 ช่อง
2	100	240	หุ่นเคลื่อนที่เกิน 1 ช่อง
3	100	235	หุ่นเคลื่อนที่เกินระยะตำแหน่งที่คาดไว้
4	100	230	หุ่นเคลื่อนที่เกินระยะตำแหน่งที่คาดไว้
5	100	225	หุ่นเคลื่อนที่เกินระยะตำแหน่งที่คาดไว้
6	100	220	หุ่นเคลื่อนที่ไม่ถึงระยะตำแหน่งที่คาดไว้
7	100	215	หุ่นเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับระยะตำแหน่งที่คาดไว้
8	100	210	หุ่นเคลื่อนที่ตรงตามระยะตำแหน่งที่คาดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	100	205	หุ่นเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับระยะตำแหน่งที่คาดไว้
10	100	200	หุ่นเคลื่อนที่ไม่ถึงระยะตำแหน่งที่คาดไว้

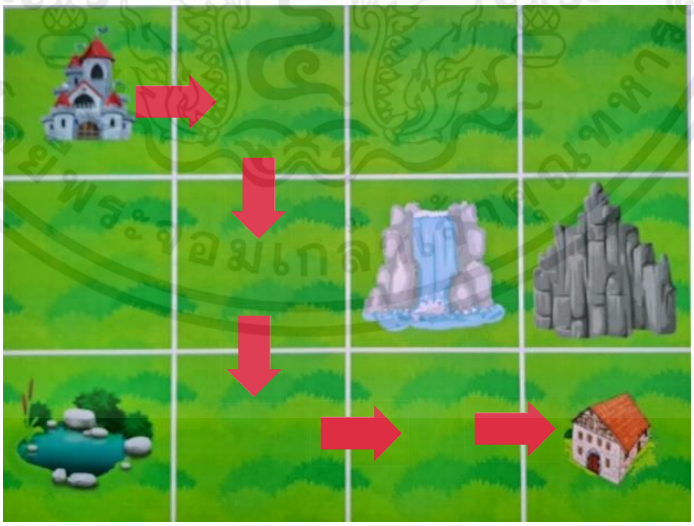
4.6.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ตามเนื้อเรื่อง

4.6.2.1 จุดประสงค์ขแงการทดลอง

เพื่อทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์และปรับแต่งหุ่นยนต์ให้สมบูรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้

4.6.2.2 วิธีการทดสอบ

ทำการทดสอบด้วยการใช้เนื้อเรื่องโดยจะเป็นเนื้อเรื่องที่คิดขึ้นมาเองโดยจะให้หุ่นยนต์เดินจากจุดเริ่มต้นของแผนที่ไปยังเป้าหมาย จุดเริ่มคือปราสาท และเป้าหมายคือบ้าน โดยจะต้องเดินหน้า 2 ช่อง , หันขวา 1 ช่อง , เดินหน้า 2 ช่อง , หันซ้าย 1 ช่อง และเดินหน้า 2 ช่อง เพื่อให้หุ่นยนต์ไปถึงเป้าหมาย ตามรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ภาพตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2.3 ผลการทดลอง

ได้ทำการทดลอง 5 ครั้งตามเนื้อเรื่องที่ได้ออกแบบมาผลที่ได้ หุ่นยนต์ทำได้ตรงตามที่ออกแบบไว้แต่จะมีองศาการเลี้ยวที่ผิดพลาดเล็กน้อยเนื่องจากค่าความผิดพลาดของ Encoder pulse value ทำให้หุ่นยนต์หันซ้ายและหันขวาได้ไม่ถึง 90 องศาในบางครั้ง ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทดสอบการทำงานตามเนื้อเรื่อง

จำนวนครั้ง	การทำงาน	ผลที่ได้
1	การหันซ้ายเอียงเล็กน้อย	ไปถึงเป้าหมายได้ถูกต้อง
2	หันซ้ายและขวาเอียงเล็กน้อย	ไปถึงเป้าหมายแต่หุ่นเดินเอียง
3	ทำงานได้ปกติ	ไปถึงเป้าหมายได้ถูกต้อง
4	หันขวาเอียงเล็กน้อย	ไปถึงเป้าหมายได้ถูกต้อง
5	ทำงานได้ปกติ	ไปถึงเป้าหมายได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและแนวทางพัฒนา

5.1 บทสรุป

โครงงานมีการทำงานหลักๆอยู่ 5 ส่วนด้วยกันคือ การเคลื่อนที่ การอ่านและเก็บข้อมูลการ์ดคำสั่ง การแสดงผลทางจอภาพผ่านจอ TFT LCD ระบบเสียง และ เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ

5.1.1 การเคลื่อนที่

1. สามารถควบคุมการทำงานของ Motor ด้วย Encoder
2. สามารถกำหนดความเร็วการหมุนของมอเตอร์ด้วย PWM ได้อย่างเหมาะสม
3. สามารถใช้ Encoder หาองศาการหมุนของมอเตอร์ได้
4. สามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และ หยุดได้

5.1.2 การอ่านและเก็บข้อมูลการ์ดคำสั่ง

1. สามารถอ่าน QR Code นำค่าที่ได้มาแสดงผลลัพธ์ได้
2. สามารถเก็บข้อมูล QR Code ที่สแกนไปเก็บไว้ใน Queue ได้
3. สามารถใช้งาน QR Code Scanner ร่วมกับอุปกรณ์ส่วนอื่นๆของหุ่นยนต์ได้

5.1.3 การแสดงผลทางจอภาพผ่านจอ TFT LCD

1. สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ส่วนอื่นๆของหุ่นยนต์ได้
2. สามารถแสดงผลภาพการ์ดคำสั่งเมื่อมีการรับข้อมูลการ์ดคำสั่ง
3. สามารถแสดงผลภาพการ์ดคำสั่งระหว่างที่หุ่นยนต์ทำงานผ่านจอ TFT LCD เพื่อเป็นการบ่งบอกว่าโปรแกรมทำงานถึงขั้นตอนใดแล้ว
4. สามารถ Touch Screen เพื่อสั่งให้ QR Code Scanner ทำงาน และ หยุดการทำงานได้
5. สามารถ Touch Screen เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์ทำงาน และ หยุดการทำงานได้

5.1.4 ระบบเสียง

1. สามารถเล่นเพลงที่เก็บไว้ใน SD Card ได้ตามลำดับ
2. สามารถเล่นเพลงเมื่อเกิดเหตุการณ์ต่างๆได้ เช่น ทำภารกิจสำเร็จ เก็บของ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 การตรวจจับระยะห่างด้วย Ultrasonic

1. สามารถตรวจจับระยะห่างของวัตถุตรงหน้าได้

2. คำนวณระยะห่างที่เหมาะสมในการตั้งการ์ดคำสั่งเพื่อให้ Ultrasonic ตรวจจับได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 การเคลื่อนที่

1. ในการเคลื่อนที่ของนั้น Encoder มีค่าผิดเพี้ยนอยู่เล็กน้อยถึงปานกลางจึงทำให้การหาองศาการหมุนของ Encoder ผิดเพี้ยนไปด้วย โดยในการแก้ไขจะต้องใช้งาน Encoder นั้นในรูปแบบ Interrupt แยกกับตัวของมอเตอร์เพื่อที่เวลามอเตอร์ทำงาน Encoder ก็จะทำงานและจะได้ค่าที่ผิดเพี้ยนน้อยลง

5.2.2 การอ่านและเก็บข้อมูลการ์ดคำสั่ง

1. ความแม่นยำในการสแกนในบางครั้งค่าที่อ่านจาก QR Code Scanner อ่านมาได้ไม่ครบ วิธีแก้ไขคือต้องทำฟังชันเช็คว่าตัวข้อมูลที่ทำการสแกนมีการรับข้อมูลเข้ามาครบถ้วนหรือไม่หากยังไม่ครบถ้วนจะทำการสแกนใหม่จนกว่าจะครบ

5.2.3 การแสดงผลทางจอภาพผ่านจอ TFT LCD

1. การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดและจอ LCD TFT นั้นค่อนข้างซับซ้อนและใช้สายไฟในการเชื่อต่อกับบอร์ดเยอะจึงจำให้การทำงานของอุปกรณ์ในหลายๆส่วนนั้นทำงานไม่ตรงตามเงื่อนไขจึงทำให้ต้องออกแบบการใช้สายเชื่อมต่อและทำงาในแต่ละด้านใหม่

2. การออกแบบ UI ของ Display นั้นได้ใช้ LittleVGL Libraly ในการออกแบบโดยตัว Libraly นี้นั้น Syntax เป็นภาษา C จึงทำให้การออกแบบนั้นซับซ้อนและการจะสร้างหรือ ออกแบบแต่ละครั้งทำให้ตัว Display มีปัญหา ไม่ตรงตามเงื่อนไข

5.2.4 การตรวจจับระยะห่างด้วย Ultrasonic

1. Ultrasonic มีความคลาดเคลื่อนในการวัดอยู่ที่ +/- 1 เซนติเมตร หากวัตถุด้านหน้าหยุดนิ่งค่าจะ +/- 1 เซนติเมตร สลับกันไปมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

5.3.1 การเคลื่อนที่

1. สามารถนำปพัฒนาเพิ่มความแม่นยำของมอเตอร์และ Encoder ได้

2. สามารถนำไปออกแบบและพัฒนาการเคลื่อนที่ของ Motor ในรูปแบบรถเสมือนจริงได้แบบ รถมี 4 ล้อ และมีการเลี้ยวโดยใช้ล้อหน้า และล้อหลัง

5.3.2 การอ่านและเก็บข้อมูลการ์ดคำสั่ง

1. สามารถใช้กล้องมาเป็นตัวรับการ์ดคำสั่งแทน QR Code Scanner

2.ใช้ Image Processing เข้ามาช่วยในการอ่านข้อมูล

5.3.3 การแสดงผลทางจอภาพผ่านจอ TFT LCD

1. เพิ่มการรีเซ็ตให้ครอบคลุมการใช้งานมากยิ่งขึ้น

2. ปรับปรุง UI จอให้สวยงาม

3.มีโหมด Admin สำหรับปิด Feature บางอันที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ESPno32. ESP32. [Online]. Available:

ESP32 Wi-Fi & Bluetooth MCU I Espressif Systems

DC Motor. DC Motor Encoder. [Online]. Available:

N20 DC Motor with Magnetic Encoder - 6V with 1:150 Gear Ratio : ID 4640 : $12.50 : Adafruit Industries, Unique & fun DIY electronics and kits

LCD. LCD TFT Touch Screen 3.4 inch. [Online]. Available:

RVT70AQFFWC00 (rs-online.com)

LN298N. LN298N Driver Motor. [Online]. Available:

L298N Motor Driver Module Pinout, Datasheet, Features & Specs (components101.com)

SD. SD Card Module. [Online]. Available:

Micro SD Card Adapter Module Pinout, Specifications, Datasheet, Working, Applications, Alternatives (components101.com)

I^2S. I^2S Amplifier Module. [Online]. Available:

Class D Audio Amplifier IC - Infineon Technologies

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gyroscope. Gyroscope Sensor. [Online]. Available:

Datasheet - A3G4250D - MEMS motion sensor: 3-axis digital output gyroscope (st.com)

LVGL. LVGL. [Online]. Available:

LVGL - Light and Versatile Embedded Graphics Library

Ultrasonic. Ultrasonic Sensor. [Online]. Available:

HC-SR04 Ultrasonic Sensor Working, Pinout, Features & Datasheet (components101.com)

Scanner. Scanner Module. [Online]. Available:

Barcode Scanner Module - Waveshare Wiki

freeRTOS. freeRTOS. [Online]. Available:

FreeRTOS - Market leading RTOS (Real Time Operating System) for embedded systems with Internet of Things extensions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้